ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1905 г. ТОМЪ 6 No. 2

Цвѣтная фотографія

Г. Г. Де-Метца[1]

Между различными вопросами физики, привлекающими въ настоящее время всеобщее вниманіе, одно изъ самыхъ почетныхъ мѣстъ, несомнѣнно, занимаетъ вопросъ о цвѣтной фотографіи. Фотографія безъ красокъ уже проникла въ науку, промышленность и домашній обиходъ современнаго человѣка, и хотя она всюду даетъ прекрасные результаты, тѣмъ не менѣе ея свидѣтельство еще не объективно и не полно. Только фотографія въ краскахъ станетъ постояннымъ и правдивымъ выразителемъ окружающихъ насъ явленій, когда на свѣточувствительной пластинкѣ цвѣтные лучи будутъ сами отмѣчать свои показанія. Въ настоящее время очень много говорятъ о цвѣтной фотографіи и часто утверждаютъ, что вопросъ совершенно рѣшенъ[2]); конечно, послѣднее заключеніе не вполнѣ вѣрно и есть только результатъ понятнаго увлеченія. Быть можетъ, мы очень приблизились къ рѣшенію этого интереснаго и важнаго вопроса, но до окончательнаго его рѣшенія еще далеко, и поле даль-

---

[1]) Докладъ съ демонстраціею цвѣтныхъ фотографій Липмана и Нейгауса, который предназначался для 3-го Съѣзда преподавателей естественныхъ наукъ въ Кіевѣ, 30 декабря 1904 г.

[2]) *A. Berget*, Photographie des couleurs. Paris, 1891. p. 55.

нѣйшихъ изслѣдованій все-таки остается открытымъ. Правда, оно очень и очень заманчиво и, повидимому, обѣщаетъ скорый и полный успѣхъ, такъ какъ уже теперь имѣется нѣсколько независимыхъ другъ отъ друга путей для достиженія намѣченной цѣли, а именно способы такъ называемой химической окраски фотографическаго изображенія, пигментной или такъ называемой трехцвѣтной и физической окраски, основанной на интерференціи свѣта въ тонкихъ слояхъ.

Химическій способъ.

1. Надъ цвѣтною фотографіею трудились многіе и уже издавна [1]); такъ, въ 1810 г., Зеебекъ получилъ изображеніе цвѣтнаго спектра на хлоросеребрянной бумагѣ, а въ 1840 г. Дж. Гершель приготовилъ спектръ не только на хлоросеребрянной, но и на бромо—и іодосеребрянной бумагѣ. Съ 1848 г. обширный рядъ изслѣдованій въ этомъ направленіи сдѣлалъ Э. Беккерель, и ему удалось приготовить коллекцію превосходныхъ изображеній солнечнаго спектра въ краскахъ на хлоросеребрянныхъ металлическихъ пластинкахъ; но, къ сожалѣнію, ни его предшественники, ни онъ самъ не могли фиксировать этихъ изображеній, и ихъ можно было разсматривать лишь въ темнотѣ. Правда, они обладали значительною прочностью даже въ такомъ нефиксированномъ состояніи; такъ, по свидѣтельству Даванна [2]), снимки 1848 года превосходно выглядѣли еще въ 1878 г., т. е. тридцать лѣтъ спустя! Между указанными лицами наилучшихъ результатовъ достигъ Э. Беккерель; онъ бралъ серебрянную пластинку и погружалъ ее въ водный растворъ соляной кислоты, чрезъ который пропускалъ электрическій токъ, причемъ съ положительнымъ электродомъ батареи онъ соединялъ препарируемую серебрянную пластинку, а съ отрицательнымъ—платиновый стержень, погруженный въ тотъ же растворъ. Во время электролиза пластинка покрывалась слоемъ полухлористаго серебра и постепенно принимала окраску, которая доводилась до

---

[1]) *Zenker*, Lehrbuch der Photochromie. Braunschweig, 1900. Въ этой книгѣ и въ ниже указываемой книгѣ Даванна можно найти всѣ подробности по исторіи цвѣтной фотографіи и открытія Липмана.

[2]) *Davanne*, La Photographie. Paris, 1888, T. II, p. 344.

темно-фіолетоваго цвѣта. Послѣ этого пластинка промывалась въ дистиллированной водѣ, просушивалась на спиртовой лампочкѣ и въ заключеніе слегка отполировывалась трипеломъ; конечно, всѣ эти операціи производились въ комнатѣ, освѣщенной неактиническимъ свѣтомъ. Для полученія изображенія въ краскахъ Беккерель экспонировалъ такую пластинку отъ 2 до 3 часовъ времени при яркомъ солнечномъ свѣтѣ и значительно дольше при разсѣянномъ свѣтѣ.

2. На ряду съ этими попытками слѣдуетъ еще отмѣтить многолѣтнія изслѣдованія Ніепса-де-Сенъ-Виктора (съ 1851 по 1866 гг.), который искалъ рѣшенія задачи въ соотвѣтственномъ выборѣ хлористаго соединенія металла и обработывалъ свои пластинки хлористымъ стронціемъ, хлористымъ кальціемъ, хлористымъ натріемъ, хлористымъ никкелемъ, двойною солью хлористой мѣди, хлористаго аммонія и т. д., разсчитывая при этомъ получить соотвѣтственно цвѣта—красный, оранжевый, желтый, синій и фіолетовый. Повторивъ эти опыты, Э. Беккерель отрицалъ, однако, справедливость подобнаго соображенія. Вмѣстѣ съ этими вопросами Ніепсъ занимался изысканіемъ способовъ закрѣпленія цвѣтныхъ изображеній и предложилъ покрывать ихъ особымъ лакомъ, состоящимъ изъ насыщеннаго раствора хлористаго свинца съ декстриномъ. Если онъ и не пришелъ къ окончательному рѣшенію поставленнаго вопроса, то все-таки въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ онъ опередилъ Э. Беккереля, потому что онъ съ успѣхомъ фотографировалъ въ цвѣтахъ не только солнечный спектръ, но и вообще цвѣтные предметы, какъ напримѣръ: цвѣты, церковныя окна, куклы и проч.; а его снимки могли держаться по нѣсколько дней при дневномъ свѣтѣ и производили извѣстный эффектъ на выставкѣ 1867 г. въ Парижѣ [1]).

3. Въ этотъ же промежутокъ времени и приблизительно въ томъ же направленіи надъ цвѣтною фотографіею еще работали Тиль (1851), Тестю-де-Борегаръ (1855), Пуатвенъ (1865), Ценкеръ (1867) и Симпсонъ (1867). Изъ нихъ лучшихъ результатовъ достигъ Пуатвенъ; онъ оставилъ металлическія пластинки Беккереля и вернулся къ бумагѣ, которую обработывалъ довольно сложными пріемами; Пуатвенъ выставлялъ хлоросере-

---

[1]) *W. Zenker*, Lehrbuch de Photochromie. Braunschweig 1900, p. 71.

брянную бумагу на свѣтъ, пока она не чернѣла отъ образованія фіолетоваго полухлористаго серебра, а затѣмъ смачивалъ ея поверхность слѣдующимъ сложнымъ растворомъ: a) 100 c. c. воды съ 5 c. c. двухромовокислаго кали; b) насыщенный растворъ мѣднаго купороса; c) 100 c. c. воды съ 5 c. c. хлористаго калія; брали по одному объему отъ a), b) и c). Приготовленная такимъ образомъ бумага оставалась очень чувствительною въ теченіе нѣсколькихъ дней, а отпечатки на ней дѣлались въ нѣсколько минутъ; когда затѣмъ ихъ промывали послѣдовательно въ слабомъ растворѣ хромовой кислоты, въ слабомъ растворѣ сулемы, въ растворѣ азотнокислаго свинца и, наконецъ, въ чистой водѣ, то полученные цвѣтные отпечатки въ темнотѣ вовсе не измѣнялись, а на солнечномъ свѣтѣ только со временемъ выцвѣтали и становились бурыми.

Ценкеръ [1]), много работавшій по способу Пуатвена, говоритъ, что эти снимки показываютъ одинаковые цвѣта съ оригиналомъ, какъ въ отраженномъ, такъ и въ проходящемъ свѣтѣ, причемъ онъ особенно хвалитъ эти снимки въ проходящемъ свѣтѣ, на прозрачность, такъ какъ при этомъ, по его заявленію, краски выступаютъ особенно ярко.

4. Въ этомъ же направленіи съ 1873 г. работалъ Де-Сенъ-Флоренъ; его способы обработки бумаги и химическія формулы еще сложнѣе [2]), но зато онъ получалъ отпечатки со всѣми цвѣтами въ 30—40 секундъ на солнечномъ свѣтѣ, при чемъ въ отношеніи къ послѣдующему дѣйствію разсѣяннаго свѣта его снимки были еще прочнѣе, чѣмъ снимки Пуатвена.

Наконецъ, еще недавно эти идеи разрабатывалъ Шардонъ; онъ также выставлялъ готовые образцы своей работы. Новѣйшія изслѣдованія въ этомъ направленіи съ успѣхомъ сдѣланы Китцомъ [3]), Нейгаусомъ [4]) и Уорелемъ [5]); но и они не рѣшили затронутаго вопроса окончательно.

5. Открытыя всѣми ими оптическія явленія важны сами по себѣ и вполнѣ достовѣрны, но они такъ сложны, что теоре-

---

[1]) *Zenker*, Loc. cit. p. 36

[2]) *Davanne*. Ibidem, p. 348.

[3]) *Kitz*. Beiblätter zu d. Annalen der Physik. Bd. 18 (1894) p. 762.

[4]) *Neuhauss*· Ibidem, Bd. 26 (1902) p. 492.

[5]) *Worel*. Ibidem, Bd. 27 (1903) p. 58.

тическое ихъ объясненіе еще не найдено, не смотря на сдѣланныя въ этомъ направленіи попытки Зеебекомъ, Гершелемъ и Паутвеномъ, полагавшими, что цвѣтныя явленія здѣсь обусловлены исключительно химическими процессами. Такъ, напримѣръ, потемнѣніе хлористаго серебра объяснялось его возстановленіемъ, а последующее просвѣтлѣніе фіолетоваго слоя полухлористаго серебра въ желтой части спектра—его окисленіемъ. Однако, уже Беккерель показалъ недостаточность этихъ соображеній и предложилъ чисто физическое объясненіе, основанное на періодичности свѣтовыхъ колебаній и на оптическомъ резонансѣ. Въ 1866 г. Ценкеръ болѣе закончено развилъ эти взгляды, высказавъ впервые мысль, что изучаемые цвѣта фотографическихъ изображеній суть не что иное, какъ знакомые физикамъ цвѣта тонкихъ пластинокъ. По его мнѣнію, эти цвѣта возникаютъ отъ стоячихъ свѣтовыхъ волнъ, образующихся вслѣдствіе интерференціи свѣтовыхъ волнъ, проникающихъ внутрь чувствительнаго слоя фотографической пластинки или бумажки и обратно отраженныхъ отъ предѣльной поверхности послѣднихъ. Вслѣдствіе этого, чрезъ каждыя полволны даннаго цвѣта, въ чувствительномъ слоѣ образуются узлы тамъ, гдѣ нѣтъ свѣтовыхъ колебаній и химическихъ измѣненій, и чрезъ каждыя же полволны того-же цвѣта образуются максимальныя амплитуды этихъ колебаній и, стало быть, химическихъ реакцій. Изъ этого взаимодѣйствія колебаній падающихъ и отраженныхъ лучей образуются въ чувствительномъ слоѣ серебряныя точки, а изъ нихъ—система пленокъ, отстоящихъ другъ отъ друга на полволны даннаго цвѣта. Для каждаго цвѣта такая система пленокъ своя особенная въ зависимости отъ длины волны падающихъ лучей, и въ этомъ то и состоитъ, по мнѣнію Ценкера [1]), различіе въ химическомъ дѣйствіи лучей и красокъ различнаго цвѣта. Когда отъ дѣйствія цвѣтныхъ лучей образовалась данная система серебрянныхъ пленокъ внутри чувствительнаго слоя, то образованіе цвѣтного изображенія при освѣщеніи снимка разсѣяннымъ свѣтомъ становится уже понятнымъ. Въ самомъ дѣлѣ, всѣ лучи, которыхъ длина полуволны совпадаетъ какъ разъ съ разстояніями серебрянныхъ пленокъ внутри чувствительнаго слоя, отражаясь отъ нихъ, достигаютъ глаза наблюдателя настроен-

---

[1]) *Zenker*, l. c., p. 119.

ными, съ сохраненіемъ постоянной фазы колебанія, а потому съ наибольшею яркостью; напротивъ того, лучи, которыхъ длина полуволны не совпадаетъ въ данномъ мѣстѣ съ разстояніями серебрянныхъ пленокъ внутри чувствительнаго слоя, образуютъ между собою различныя разности хода и достигаютъ глаза наблюдателя разстроенными, съ несогласными фазами, а потому съ ослабленною яркостью или даже съ полнымъ угасаніемъ. Такимъ образомъ, изъ всѣхъ красокъ, которыя вообще могутъ образоваться отъ освѣщенія бѣлымъ свѣтомъ даннаго изображенія, доминируютъ только тѣ краски, длина полуволны которыхъ совпадаетъ съ разстояніемъ серебрянныхъ пленокъ въ слоѣ, т. е. съ длиною полуволны лучей, первоначально подѣйствовавшихъ на свѣточувствительный слой. Отсюда ясно, что эти цвѣта должны быть тождественны съ первоначальными.

6. Нельзя не признать изящества и простоты этого объясненія, но для его окончательнаго принятія нужно было еще много опытныхъ данныхъ. Это сознавалъ и самъ Ценкеръ. Онъ говорилъ: „я надѣюсь, что если предметъ не вполнѣ объясненъ, то во всякомъ случаѣ онъ сталъ болѣе понятнымъ и интереснымъ; явленіе перестало быть чудеснымъ и удивительнымъ и сдѣлалось, несмотря на неясность многихъ мѣстъ, все-таки понятнымъ и доступнымъ представленію". Въ заключеніе интересно будетъ привести резюме самого Ценкера относительно достигнутыхъ въ этой области результатовъ:

1) Хлористое серебро, въ особенности фіолетовое полухлористое серебро, принимаетъ тождественныя краски при дѣйствіи на него свѣтовыхъ лучей, и эти краски обнаруживаются, какъ въ отраженномъ, такъ и въ проходящемъ свѣтѣ.

2) Бромистое серебро и хлорированная гуаяковая смола также принимаютъ тождественныя краски, а іодистое серебро — дополнительныя.

3) Не всѣ краски воспроизводятся съ одинаковою силою.

4) Несвѣтящіе лучи, во избѣжаніе ихъ вреднаго вліянія при изготовленіи снимковъ, должны быть задержаны соотвѣтственнымъ поглощеніемъ.

5) Полухлористому серебру можно сообщить очень благо-

---

[1]) *Zenker*, Loc. cit., p. 129.

пріятныя свойства для цвѣтной фотографіи, если его подогрѣвать, освѣщать или химически сенсибилизировать.

6) Изображенія до сихъ поръ не могутъ быть фиксированы.

7) Процессъ объясняется физически образованіемъ стоячихъ свѣтовыхъ волнъ, а химически—осажденіемъ металлическихъ серебрянныхъ частицъ изъ хлористаго серебра [1]).

Трехцвѣтный способъ.

7. Таковы въ нѣсколькихъ словахъ результаты, достигнутые до сихъ поръ и основанные исключительно на химическихъ методахъ непосредственной окраски изображенія. Нельзя не признать, что они важны и интересны, но пока только въ теоретическомъ отношеніи, ибо фиксировать и размножать такія цвѣтныя фотографіи еще невозможно. Вотъ почему наряду съ изслѣдованіями, направленными на розысканіе методовъ прямого воспроизведенія цвѣтовъ, появились также попытки косвеннаго рѣшенія задачи, которыя уже и привели къ хорошимъ результатамъ и нашли значительное распространеніе въ техникѣ. Начало такого рода репродукціи цвѣтовъ положено съ 1865 г. трудами Рансоне въ Австріи, Коллена въ Англіи, Кро и Дюкодю-Горона во Франціи, Альберта и Фогеля въ Германіи. Разработанный ими пріемъ подъ современнымъ техническимъ названіемъ „трехцвѣтнаго“ имѣетъ также свою длинную и сложную исторію. Въ настоящемъ своемъ очеркѣ я не имѣю въ виду останавливаться съ достаточною подробностью на этихъ интересныхъ, разнообразныхъ по мысли и сложныхъ по исполненію, изслѣдованіяхъ, но все же для полноты представленія считаю полезнымъ сдѣлать хотя бы вкратцѣ нѣкоторыя общія указанія.

Изобрѣтатели цвѣтной фотографіи при помощи трехъ основныхъ красокъ исходили изъ давно высказанной Юнгомъ и позже дополненной Максвеллемъ и Гельмгольцемъ гипотезы, что образованіе всѣхъ сложныхъ цвѣтовыхъ ощущеній въ нашемъ глазѣ происходитъ отъ комбинаціи лишь трехъ основныхъ ощущеній: краснаго, зеленаго и фіолетоваго, воспринимаемыхъ тре-

---

[1]) *Zenker*, Loc., cit., p. 129.

мя группами нервныхъ окончанiй сѣтчатки глаза. Каждая такая группа нервныхъ окончанiй легче всего возбуждается лучами опредѣленнаго цвѣта и гораздо труднѣе лучами другихъ цвѣтовъ. При дѣйствiи на сѣтчатку лучей какого-угодно цвѣта всѣ три группы нервныхъ окончанiй принимаютъ различное участiе и испытываютъ раздраженiя, пропорцiональныя количеству основныхъ цвѣтовъ, образующихъ данный сложный цвѣтъ. Такимъ образомъ помощью трехъ указанныхъ цвѣтовыхъ ощущенiй, вступающихъ между собою въ различныя количественныя соотношенiя въ зависимости отъ силы раздраженiя трехъ группъ нервныхъ оконечностей, мы получаемъ представленiе о любомъ цвѣтѣ. На этомъ основанiи красный, зеленый и фiолетовый цвѣта, по шкалѣ Юнга-Гельмгольца, называются основными, а прочiе цвѣта—производными.

Разсмотрѣнная гипотеза цвѣтовыхъ ощущенiй послужила точкою отправленiя для трехцвѣтной свѣтописи. Въ самомъ дѣлѣ, какая заманчивая и простая возможность для образованiя всѣхъ цвѣтовъ при помощи трехъ основныхъ, если и пигментныя краски при суммированiи ихъ цвѣтовъ подчиняются тѣмъ же законамъ, что и цвѣтные лучи! Съ особою настойчивостью остановились на этомъ Кро и Дюко-дю-Горонъ [1]). Они предложили дѣлать три отдѣльныхъ негатива съ одного и того же цвѣтного предмета чрезъ такъ называемые теперь цвѣтные свѣтофильтры изъ краснаго, зеленаго и фiолетоваго стекла, а затѣмъ эти три негатива копировать на три литографскихъ камня, окрасивъ каждый камень пигментными красками такъ, чтобы краска соотвѣтственнаго камня была дополнительною къ краскѣ свѣтофильтра, чрезъ который былъ полученъ негативъ, переведенный на этотъ камень. Такимъ образомъ снимокъ, сдѣланный чрезъ красное стекло, они окрашивали въ синюю краску; снимокъ, сдѣланный чрезъ зеленое стекло,—въ пурпурно красную краску; а снимокъ, сдѣланный чрезъ фiолетовое стекло,—въ желтую краску. Въ заключенiе они предлагали съ такихъ трехъ камней послѣдовательно наносить отпечатки на бѣлую бумагу, налагая правильно другъ на друга изображенiя и краски.

Нужно, однако, замѣтить, что въ теорiи Юнга-Гельмгольца дѣло идетъ о цвѣтныхъ лучахъ, а не о пигментныхъ краскахъ,

---

[1]) *A. Lucos du Hauron.* La triplice photographique des couleurs. Paris, 1897.

и что въ началѣ шестидесятыхъ годовъ вся эта задача представляла непреоборимыя трудности, ибо, какъ извѣстно, не всѣ цвѣтные лучи одинаково актиничны по отношенію къ фотографической пластинкѣ, и потому, напримѣръ, чрезъ фіолетовый свѣтофильтръ фотографировать легко, чрезъ зеленый уже труднѣе, а чрезъ красный еще труднѣе. Только благодаря открытію сенсибилизаторовъ, помощью которыхъ стало возможнымъ сдѣлать фотографическую пластинку чувствительною къ тому или къ другому цвѣту, эта трудность была побѣждена въ 1873 г., а вмѣстѣ съ тѣмъ указанному принципу трехцвѣтной свѣтописи была фактически открыта блестящая будущность. Здѣсь важно отмѣтить очень простой законъ, который далъ въ 1881 г. Фогель [1]), и который состоитъ въ томъ, что если нужно сдѣлать фотографическую пластинку чувствительною, напримѣръ, къ красному цвѣту, то къ ея эмульсіи слѣдуетъ прибавить вещество, способное поглощать красный цвѣтъ, напримѣръ, хлорофиллъ или пикриновую зелень, т. е. зеленыя краски; если же ее нужно сдѣлать чувствительной къ желтооранжевому цвѣту, то къ эмульсіи слѣдуетъ прибавить вещество, способное поглотить желтооранжевый цвѣтъ, напримѣръ синій ціанинъ. Слѣдовательно, краска каждаго сенсибилизатора должна быть въ точности дополнительнаго цвѣта къ цвѣту поглощаемыхъ лучей.

Этимъ закономъ упростилась задача подбора дополнительныхъ цвѣтовъ пигментныхъ красокъ. Въ самомъ дѣлѣ, при помощи негатива сенсибилизированнаго, напримѣръ, для желтооранжеваго цвѣта ціаниномъ, нужно лишь получить копію на камнѣ, а камень съ копіею окрасить синимъ ціаниномъ или краскою ему равнозначащею и потомъ сдѣлать съ него одинъ изъ трехъ необходимыхъ оттисковъ. Такимъ образомъ Фогель далъ новое основаніе для устраненія произвола въ выборѣ дополнительныхъ цвѣтовъ пигментныхъ красокъ въ свѣтописи и для приближенія снимковъ къ наиболѣе вѣрному воспроизведенію цвѣтныхъ явленій окружающей насъ природы. Первые цвѣтные снимки этого рода появились въ Берлинѣ въ 1890 г. у Ульриха; эффектъ, произведенный ими, былъ очень великъ, и такіе художники, какъ Менцель, Кнаусъ, Айвазовскій, Брейтбахъ дали о нихъ наилучшіе отзывы. Тремя камнями и тремя красками

---

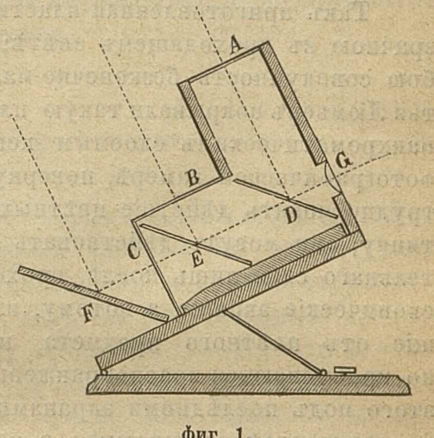
[1]) *H. W. Vogel*, Wied. Ann. Bd. 46 (1892), p. 521.

Ульрихъ достигъ въ этотъ періодъ такого результата, котораго онъ не достигалъ раньше при помощи двадцати камней и двадцати красокъ! Но окончательный художественный эффектъ дается и здѣсь не легко. Нужно умѣло подобрать свѣтофильтры, сенсибилизаторы и пигментныя краски. Только совокупность хорошаго подбора всѣхъ этихъ элементовъ приводитъ къ художественному цѣлому.

Въ этихъ процессахъ литографскій камень съ успѣхомъ замѣняютъ зеркальнымъ стекломъ, покрытымъ слоемъ желатины; сверхъ того, для тонкости рисунка непосредственно передъ чувствительною пластинкою во время производства негатива, по предложенію Мейзенбаха и Шмейделя, помѣщаютъ особую оптическую сѣтку, награвированную на стеклѣ въ формѣ взаимно перпендикулярныхъ линій, отстоящихъ другъ отъ друга на четверть миллиметра. Въ этомъ направленіи особенно удачны были образцы Курца и Э. Фогеля, сдѣланные ими въ Нью-Іоркѣ въ 1892 г.

8. Способъ трехцвѣтной свѣтописи получилъ въ послѣдніе годы огромное распространеніе, благодаря хорошему художественному эффекту, котораго онъ достигъ, и легкости размноженія цвѣтныхъ оттисковъ. Однако, онъ требуетъ печатныхъ станковъ и значительныхъ техническихъ приспособленій. На эту сторону вопроса своевременно обратили вниманіе многіе изобрѣтатели и дали особыя разновидности этого основного пріема, помощью которыхъ могли быть удовлетворены также интересы любителей. Таковъ фотохромоскопъ Ивса (Ives), возбудившій всеобщее вниманіе видѣвшихъ фотографическую выставку 1898 г. въ Дюссельдорфѣ, но для котораго также необходимо три негатива, сдѣланныхъ одновременно чрезъ соотвѣтственные свѣтофильтры. Однако, цвѣта окончательныхъ изображеній получаются у Ивса не накатываніемъ трехъ пигментныхъ красокъ на три соотвѣтственныхъ діапозитива, а освѣщеніемъ этихъ трехъ безцвѣтныхъ діапозитивовъ чрезъ три цвѣтныхъ стекла одинаковыхъ съ цвѣтами свѣтофильтровъ. Схема фотохромоскопа Ивса представлена на фиг. 1: *A*, *B* и *C* суть красное, синее и желтое стекла, служащія для цвѣтного освѣщенія накладываемыхъ на нихъ діапозитивовъ; *D*, *E* и *F* суть зеркальныя стекла, направляющія пучекъ падающихъ лучей свѣта въ объективъ *G* аппарата и въ глазъ наблюдателя; изъ нихъ *D*

и *E* окрашены въ зеленый и синій цвѣта, а *F* безцвѣтное зеркало. Не довольствуясь возможностью субъективныхъ наблюденій полученныхъ такимъ образомъ цвѣтныхъ изображеній, Ивсъ, а за нимъ и другіе одновременно нашли прекрасные способы для объективнаго ихъ воспроизведенія на экранѣ передъ многочисленною аудиторіей.



фиг. 1.

Значительное упрощеніе въ этомъ направленіи сдѣлалъ Жолли. Онъ приготовилъ особые свѣтофильтры — экраны какъ для полученія негативовъ, такъ и для разсматриванія соотвѣтственныхъ діапозитивовъ. Свѣтофильтръ — экранъ для фотографированія состоялъ изъ одной прозрачной пластинки, на которой были нанесены густою сѣтью краснооранжевыя, желтозеленыя и синефіолетовыя линіи; а свѣтофильтръ—экранъ для разсматриванія былъ такой же, но съ нѣсколько измѣненными цвѣтами линій, а именно: красными, зелеными и синефіолетовыми.

Но еще проще, дешевле и доступнѣе способъ братьевъ А. и Л. Люміеръ [1]), который весь сложный процессъ трехцвѣтной свѣтописи привели къ одному негативу и къ одному діапозитиву. Съ этою цѣлью они приготовили очень тонкій порошокъ изъ картофельнаго крахмала, съ зернами отъ 0·015 mm. до 0·020 mm., раздѣлили его на три равныхъ части и окрасили каждую часть въ одинъ изъ трехъ основныхъ цвѣтовъ: краснооранжевый, зеленый и фіолетовый, и затѣмъ всѣ три части тщательно смѣшали. Этою смѣсью они осыпали стеклянную пластинку, промазанную клейкимъ веществомъ; цвѣтныя зерна крахмала ложились очень равномѣрно и тонко, не налагаясь другъ на друга рядами, но образуя неизбѣжные промежутки между собою. Дабы промежутки не мѣшали дальнѣйшимъ фотографическимъ операціямъ, означенная пластинка посыпалась еще

---

[1]) *A.* et *L. Lumière.* La Nature, août, 1904, p. 170.

болѣе тонкимъ порошкомъ древеснаго угля, который тонкою кистью втирался въ оставшіеся прозрачные промежутки между цвѣтными зернами крахмала.

Такъ приготовленная пластинка казалась безцвѣтною и прозрачною въ проходящемъ свѣтѣ; очевидно, она представляла собою совокупность безконечно-малыхъ цвѣтныхъ экрановъ. Братья Люмьеръ покрывали такую пластинку свѣточувствительнымъ панхроматическимъ слоемъ и экспонировали ее въ обыкновенной фотографической камерѣ, повернувъ стекломъ къ объективу. Нетрудно понять дѣйствіе цвѣтныхъ лучей на эту сложную пластинку; они могутъ дѣйствовать на серебрянныя соли чувствительнаго слоя лишь послѣ прохожденія чрезъ цвѣтные микроскопическіе экраны, а потому, напримѣръ, красные лучи, идущіе отъ цвѣтного предмета, поглощаются зелеными зернами, но пропускаются краснооранжевыми и фіолетовыми; вслѣдствіе этого подъ послѣдними экранами серебрянныя соли въ чувствительномъ слоѣ разлагаются, а подъ зелеными экранами остаются нетронутыми. Поэтому, послѣ проявленія и закрѣпленія изображенія, зеленые экраны, приходясь противъ свѣтлыхъ мѣстъ негатива, будутъ видимы, а красно-оранжевые и фіолетовые, приходясь противъ потемнѣвшаго возстановленнаго серебра, будутъ болѣе или менѣе замаскированы, въ зависимости отъ яркости лучей, исходившихъ отъ цвѣтнаго предмета.

Итакъ, разсматриваемый негативъ показываетъ въ проходящемъ свѣтѣ дополнительный цвѣтъ къ оригинальному, зеленый вмѣсто краснаго. Слѣдовательно, если по этому негативу приготовить діапозитивъ на подобнымъ же образомъ приготовленной другой пластинкѣ, то на ней не только покажется позитивное изображеніе предмета, но и правильные его цвѣта, ибо зеленый цвѣтъ негатива снова вызываетъ дополнительный цвѣтъ позитива, т. е. красный, соотвѣтствующій оригиналу въ нашемъ примѣрѣ.

Нельзя не признать, что способъ братьевъ Люмьеръ есть большой шагъ впередъ въ популяризаціи трехцвѣтнаго способа. Они это поняли и разработываютъ въ настоящее время пріемы промышленнаго изготовленія подобныхъ пластинокъ.

Не входя въ дальнѣйшія подробности размагриваемаго способа, слѣдуетъ вообще замѣтить, что въ послѣдніе десять—пятнадцать лѣтъ очень многія лица изощрялись въ наилучшемъ

рѣшеніи задачи по трехцвѣтной фотографіи, и что они тоже достигали недурныхъ результатовъ и нѣкоторыхъ упрощеній. Многочисленныя имена и работы по трехцвѣтной фотографіи лишь свидѣтельствуютъ, какой большой интересъ представляетъ этотъ вопросъ для современнаго человѣка.

Интерференціонный способъ.

9. Сдѣлавши этотъ бѣглый очеркъ химическаго и трехцвѣтнаго способовъ полученія цвѣтныхъ изображеній въ натуральныхъ краскахъ и указавъ на ихъ хорошія и дурныя стороны, я теперъ перейду къ изложенію тѣхъ мыслей, которыя привели Липмана къ его замѣчательному открытію такой цвѣтной фотографіи, гдѣ краски создаются предвѣчными законами физики, одними колебаніями свѣтовыхъ лучей, безъ примѣси пигментовъ и безъ вліяній цвѣтности участвующихъ въ фотографическомъ процессѣ химическихъ препаратовъ. Краски этихъ фотографій вѣчны; онѣ играютъ всѣми безчисленными оттѣнками гаммы цвѣтовъ; онѣ не выцвѣтаютъ и погаснутъ лишь съ послѣднимъ лучемъ свѣта, озаряющаго вселенную. Блестящее открытіе Липмана должно быть причислено къ однимъ изъ величайшихъ твореній синтеза человѣческаго ума, и оно останется навсегда одною изъ блестящихъ страницъ физическаго ученія о природѣ свѣта.

Однако нельзя умолчать, что успѣхъ Липмана былъ обусловленъ двумя важными обстоятельствами, предшествовавшими его открытію; во-первыхъ, открытіемъ орто-или изохроматическихъ свѣточувствительныхъ пластинокъ, о чемъ уже было вкратцѣ упомянуто въ 7-омъ параграфѣ; а во-вторыхъ, удачною работою О. Винера [1]) по фотографированію стоячихъ свѣтовыхъ волнъ, падающихъ и отраженныхъ нормально къ зеркалу, о чемъ мечталъ Ценкеръ. Липманъ какъ нельзя лучше и очень своевременно воспользовался всѣми этими фактами и такимъ образомъ поставилъ вопросъ о цвѣтной фотографіи въ совершенно новыя научныя условія.

---

[1]) *O. Wiener.* Wied. Ann., Bd. 40, S. 203 (1890).

Ознакомимся же съ ними. Уже давно сознавались недостатки обыкновенной фотографіи, которая ни только не воспроизводила цвѣтовъ снимаемыхъ объектовъ, но даже не давала правильнаго понятія о соотношеніи ихъ свѣтлыхъ и темныхъ мѣстъ. Этотъ недостатокъ происходитъ отъ неодинаковой чувствительности серебрянныхъ солей къ цвѣтнымъ лучамъ спектра; такъ напримѣръ, красные и желтые лучи дѣйствуютъ на эти соли, какъ темные лучи, и наоборотъ, лучи сравнительно темные для глаза, каковы темносиніе и фіолетовые, дѣйствуютъ на серебро, какъ очень яркіе бѣлые; отсюда и получается неправильное соотношеніе тоновъ между фотографическимъ снимкомъ и дѣйствительнымъ предметомъ. Въ настоящее время, какъ уже было замѣчено, найденъ способъ устранять этотъ недостатокъ при помощи ортохроматическихъ пластинокъ. Какъ извѣстно, для обращенія обыкновенной свѣточувствительной пластинки въ ортохроматическую для даннаго цвѣта, достаточно смочить ее растворомъ такого красящаго вещества, въ спектрѣ поглощенія котораго отсутствуетъ какъ разъ этотъ цвѣтъ. Въ настоящее время такими веществами служатъ многія, но лучшія изъ нихъ: ціанинъ—для краснаго и оранжеваго, эритрозинъ—для желтаго, эозинъ—для желтозеленаго, хризанилинъ—для зеленаго, хлорофиллъ—для краснаго, синяго и фіолетоваго, нафтоловая синька и кокрулеинъ—для всего видимаго спектра.

Послѣднія два вещества въ особенности драгоцѣнны, такъ какъ они дѣлаютъ пластинку одинаково чувствительною для всѣхъ лучей спектра и превращаютъ ее въ панхроматическую. Эдеръ въ особенности рекомендуетъ кокрулеинъ. Почему, однако, ортохроматическія пластинки не входятъ пока во всеобщее и повседневное употребленіе, если онѣ обладаютъ столь драгоцѣнными качествами? Потому что онѣ дороже и потому-что онѣ обладаютъ гораздо меньшею чувствительностью сравнительно съ простыми. Но одно умѣнье изготовить ортохроматическую пластинку еще не можетъ сразу привести къ рѣшенію вопроса о цвѣтной фотографіи. Уже достаточно вдуматься въ теорію Ценкера, чтобы спросить себя: да возможны-ли подобныя періодически распредѣленныя серебрянныя пленки внутри чувствительнаго слоя? Вѣдь волны видимыхъ лучей спектра измѣряются: красныя 0·000759 mm., фіолетовыя 0·000397 mm., слѣдовательно, если пленки лежатъ на разстояніи полуволны, то разстоянія между ними всего 0·00039—0·00019 mm. Эти величины

очень малыя, а потому нужно знать, каково строеніе фотографической пластинки и каковы размѣры зеренъ серебрянныхъ солей внутри ея чувствительнаго слоя. Въ настоящее время можно отвѣтить на эти вопросы очень точно, а именно, по изслѣдованіямъ Кайзерлинга [1]) помощью микроскопа съ увеличеніемъ до 950 разъ оказалось, что до проявленія зерна бромистаго серебра кругловаты и неправильно разсѣяны въ массѣ желатины; діаметръ зеренъ колеблется отъ 0·0007 mm. до 0·00160 mm., а промежутки между отдѣльными зернами достигаютъ 0·006 mm. Проявленіе, усиленіе и всякія другія химическія воздѣйствія, которымъ неизбѣжно подвергается фотографическая пластинка, вліяютъ на форму и размѣръ зеренъ, причемъ крайнія значенія размѣровъ ихъ колеблются отъ 0·001 mm. до 0·004 mm., т. е. отъ всѣхъ этихъ превращеній серебрянныя зерна грубѣютъ

Болѣе правильное распредѣленіе зеренъ Кайзерлингъ наблюдалъ въ коллодіонныхъ пластинкахъ, приготовленныхъ изъ бромосеребрянной эмульсіи, причемъ и діаметръ ихъ меньше а именно отъ 0·0005 mm. до 0·0016 mm. Если мы сравнимъ эти числа съ длинами полуволнъ лучей видимаго спектра, то всѣ они больше ихъ, а потому нечего и думать объ образованіи ценкеровскихъ серебрянныхъ пленокъ внутри такого грубаго слоя. Значитъ, нужно приготовить не только ортохроматическую пластинку, но еще и очень мелкозернистую, ибо съ обыкновенными продажными пластинками уже a priori никакой цвѣтной фотографіи получить нельзя.

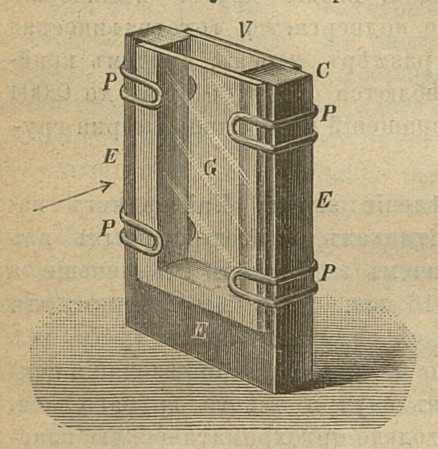
10. Липманъ [2]) прежде всего и разработалъ способъ приготовленія пластинокъ съ очень тонкимъ внутреннимъ строеніемъ; въ концѣ концовъ онъ испыталъ многіе субстраты: альбуминъ, коллодіумъ, желатину, но онъ призналъ наиболѣе подходящими альбуминныя бромосеребрянныя пластинки, ортохроматизованныя азалиномъ и ціаниномъ, причемъ онъ тщательно избѣгалъ образованія эмульсіи, дающей вообще крупныя зерна. Способъ его приготовленія состоялъ въ томъ, что онъ поливалъ стекло или

---

[1]) *Kaiserling*. Phograph. Mittheilungen, 1898, Heft 1, 2.
Kirchner. Drude Ann., Bd. 13 (1904), S. 250.

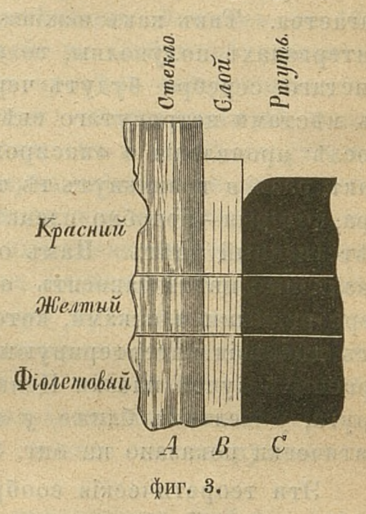
[2]) *G. Lippmann*. Revue générale des Sciences, 1892, p. 41.

коллодіумомъ, или желатиною, или альбуминомъ съ соотвѣтственнымъ содержаніемъ бромистаго калія, а потомъ уже эти стекла дѣлалъ свѣточувствительными въ растворѣ азотнокислаго серебра. Въ заключеніе же такую пластинку онъ купалъ въ растворахъ ціанина и азалина и этимъ самымъ превращалъ ее въ ортохроматическую. Преимущество такого приготовленія передъ обыкновеннымъ состоитъ въ очень равномѣрномъ распредѣленіи серебра, котораго никакъ нельзя достигнуть съ эмульсіями. Покончивъ съ этою заботою, Липманъ перестроилъ также обыкновенную фотографическую кассету на особую, показанную на фиг. 2, въ которой передняя пластинка *G* есть свѣточувствительная, повернутая чувствительнымъ слоемъ внутрь сосуда *V*, а чистою стеклянною поверхностью наружу, къ объективу камеры. Сосудъ *V* предназначенъ для наполненія ртутью и образованія той зеркальной поверхности, падая на которую и затѣмъ отражаясь отъ которой, свѣтовые лучи — согласно теоріи Ценкера — образуютъ внутри чувствительнаго слоя стоячія волны и вмѣстѣ съ ними тѣ серебрянныя пленки, которыя вызываютъ цвѣта тонкихъ пластинокъ. Относительное расположеніе стекла, чувствительнаго слоя и ртути схематически показано подъ буквами *A*, *B* и *C* на фиг. 3; тамъ же въ толщинѣ слоя *B* изображены параллельными штрихами пленки Ценкера для краснаго, желтаго и фіолетоваго цвѣтовъ. Точныя физическія измѣренія устанавливаютъ весьма простую зависимость между толщиною тонкой пластинки и ея цвѣтомъ, а именно, отраженный цвѣтъ есть тотъ, длина полуволны котораго равна толщинѣ пластинки, т. е. при толщинѣ приблизительно въ 1/3200 mm. пластинка, сама по себѣ безцвѣтная, кажется окрашенною въ красный цвѣтъ, при толщинѣ въ 1/4000 mm.—въ желтый цвѣтъ, при толщинѣ въ 1/5000 mm.—въ фіолетовый цвѣтъ. Слѣдовательно, если подъ вліяніемъ стоячихъ свѣтовыхъ волнъ свѣточувствительный слой разобьется въ различ-

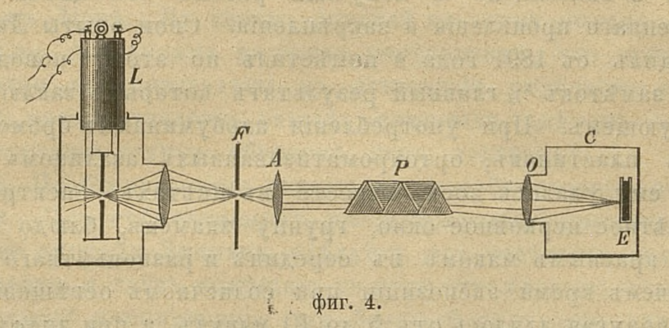


фиг. 2.

ныхъ мѣстахъ на ценкеровскія серебрянныя пленки, отстоящія другъ отъ друга на разстояніи 1/3300, 1/4000, 1/5000 mm., то такой слой въ указанныхъ мѣстахъ—подобно мыльному пузырю—будетъ казаться окрашеннымъ въ красный, зеленый и фіолетовый цвѣта. Какъ, однако, ни просты сами по себѣ эти мысли, но осуществленіе соотвѣтственныхъ опытовъ было настолько затруднительно, что только въ 1890 г. О. Винеръ впервые сфотографировалъ стоячія свѣтовыя волны и тѣмъ подтвердилъ справедливость какъ общихъ теоретическихъ взглядовъ на природу свѣта, такъ и частныхъ соображеній Ценкера по вопросу о цвѣтной фотографіи, высказанныхъ въ 1867 году. Такимъ образомъ въ 1891 году Липману оставалось приступить къ своему смѣлому опыту уже съ полною вѣрою въ его конечный успѣхъ. Общее расположеніе всего опыта фотографированія спектра представлено на фиг. 4: *L*—дуговой фонарь, *F*—щель, *A*—линза, *P*—призма прямого



фиг. 3.



фиг. 4.

зрѣнія, *O*—объективъ камеры *C*; *E*—липмановская касетка съ свѣточувствительною пластинкою и ртутью.

Теперь нетрудно окончательно представить себѣ процессъ внутри чувствительнаго слоя *B* (фиг. 3): подъ вліяніемъ интерференціи нормально падающихъ и отраженныхъ лучей внутри слоя получаются періодическія maxima и minima яркости

въ пучностяхъ и узлахъ стоячихъ волнъ; maxima яркости разлагаютъ бромистое серебро сильнѣе, minima яркости—слабѣе, а если яркость равна нулю, бромистое серебро вовсе не разлагается. Такъ какъ maxima и minima чередуются на равныхъ интервалахъ полуволны, то и мѣста разложеннаго свѣтомъ бромистаго серебра будутъ чередоваться на тѣхъ же интервалахъ съ мѣстами нетронутаго свѣтомъ бромистаго серебра, такъ что послѣ проявленія и фиксированія въ мѣстахъ maximum яркости какъ разъ и возникнутъ тѣ тонкія пленки металлическаго серебра, которыя—подобно пленкѣ мыльнаго пузыря—вызовутъ соотвѣтственный цвѣтъ. Намъ остается лишь напомнить еще, что различные цвѣта зависятъ отъ различныхъ разстояній между серебрянными пленками, которыя въ свою очередь образуются отъ дѣйствія интерферирующихъ лучей разной длины волнъ: у красныхъ лучей пленки Ценкера отстоятъ дальше другъ отъ друга, у желтыхъ ближе, у фіолетовыхъ еще ближе, какъ схематически показано на фиг. 3.

Эти теоретическія соображенія вполнѣ оправдались прямыми опытами Липмана, въ которыхъ успѣхъ соотвѣтствовалъ ожиданіямъ. Подвергая экспозиціи въ обыкновенной камерѣ описанныя ортохроматическія бромосеребрянныя пластинки, онъ не только воспроизводилъ контуры предмета съ его свѣтлыми мѣстами и тѣнями, но и получалъ разомъ его цвѣта послѣ обыкновеннаго проявленія и закрѣпленія. Свои опыты Липманъ производилъ съ 1891 года и помѣстилъ по этому поводу нѣсколько замѣтокъ [1]), главный результатъ которыхъ заключается въ слѣдующемъ. При употребленіи альбуминныхъ бромосеребрянныхъ пластинокъ, ортохроматизованныхъ азалиномъ и ціаниномъ, ему удалось воспроизвести въ цвѣтахъ: спектры, четырехцвѣтное церковное окно, группу знаменъ, блюдо апельсинъ съ краснымъ макомъ въ серединѣ и разноцвѣтнаго попугая; причемъ время экспозиціи при солнечномъ освѣщеніи знаменъ и попугая длилось отъ 5 до 10 минутъ, а при диффузномъ освѣщеніи церковнаго окна и блюда апельсинъ оно доходило до

---

¹) *Lippmann.* La photographie des couleurs. Revue générale des Sciences, 1892, № 2, p. 41. Ibidem № 8, p. 304—Perfectionnement de la méthode pour la photographie des couleurs. Ibidem № 20, p. 724 — La photographie en couleurs sur albumine.

нѣсколькихъ часовъ. Зато снимки солнечнаго спектра ему удавалось дѣлать при экспозиціи отъ 5 до 30 сек. Всѣ эти снимки были представлены Французской Академіи Наукъ.

Не довольствуясь этими результатами, Липманъ въ 1892 году перешелъ къ цвѣтной фотографіи на альбуминѣ, пропитанномъ двухромовокислымъ кали безъ примѣси серебрянныхъ солей. Способъ употребленія пластинки остался прежній, и оказалось, что при экспозиціи пластинки отъ 8 до 10 минутъ, послѣ обыкновеннаго проявленія и закрѣпленія, также получается спектръ, но вызвать желаемое цвѣтное его изображеніе можно каждый разъ лишь при погруженіи пластинки въ воду. Объясненіе этого новаго пріема сводится къ извѣстному свойству альбумина, состоящему въ томъ, что при пропитываніи его двухромовокислымъ кали онъ неодинаково отвердѣваетъ въ мѣстахъ, подвергшихся дѣйствію свѣта, и въ мѣстахъ, этому дѣйствію не подвергавшихся. Какъ только такая пластинка высыхаетъ, то всѣ цвѣта исчезаютъ до новаго ея погруженія въ воду.

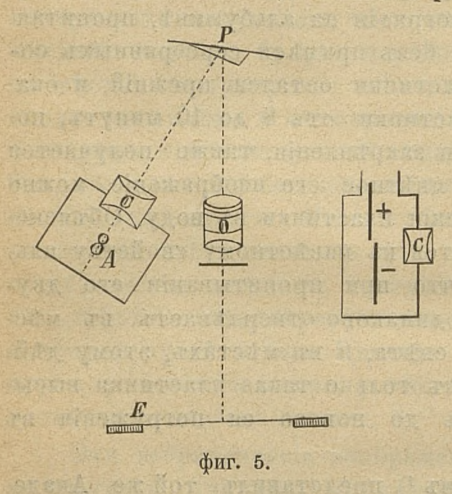
Въ апрѣлѣ 1893 г. Липманъ [1]) представилъ той же Академіи цвѣтные снимки спектровъ, хромолитографій, разныхъ цвѣтныхъ предметовъ, колецъ Ньютона, а также портреты и группы людей, исполненные на прозрачныхъ изохроматическихъ бромосеребрянныхъ желатинныхъ пластинкахъ братьями А. и Л. Люмьеръ въ Ліонѣ. Въ своемъ докладѣ по этому поводу Липманъ замѣтилъ: „мы видимъ на этихъ отпечаткахъ, что свѣтлыя мѣста точно воспроизведены въ отношеніи оттѣнковъ и блеска; точное воспроизведеніе самыхъ сложныхъ цвѣтовъ методомъ интерференціи такимъ образомъ ясно доказано“.

11. Необходимо еще указать на способы разсматривать эти снимки. При субъективномъ разсматриваніи снимковъ, сдѣланныхъ по способу Липмана, слѣдуетъ ихъ освѣщать косыми лучами свѣта, а глазъ помѣщать на пути отраженныхъ лучей. При объективной демонстраціи для большой аудиторіи ихъ можно проектировать по схемѣ фиг. 5, на которой *A* есть фонарь въ горизонтальномъ сѣченіи, *C*—его конденсоръ, *P*—снимокъ Липмана, *O*—линза для проектированія, *E*—экранъ; сбоку отдѣльно представлено вертикальное сѣченіе дугового фонаря. Въ *P* по-

---

[1]) *Lippmann*, C. R. 1893, p. 784.

мѣщенъ не только снимокъ Липмана, но и прикрывающая его (по предложенію Л. Люмьера) особая призма, которая приклеивается къ снимку на канадскомъ бальзамѣ и служитъ какъ для облегченія установки на фокусъ, такъ и для приданія большаго блеска краскамъ.



фиг. 5.

12. Вслѣдъ за обнародованіемъ открытія Липмана стали появляться работы и другихъ лицъ. Однако, списокъ ихъ не очень великъ, и немногіе изъ нихъ достигли счастливаго результата. Оказалось, что Липманъ далъ слишкомъ поверхностное описаніе своего пріема и каждому новому изслѣдователю пришлось въ сущности вновь дѣлать открытіе. Вотъ почему нельзя не поставить въ особую заслугу Фалентѣ [1]), Крону [2]), Нейгаусу [3]) и другимъ подробное опубликованіе ихъ трудовъ, въ которыхъ они методично описали всѣ техническія детали и этимъ самымъ обезпечили успѣхъ новыхъ работъ по цвѣтной фотографіи; они дали богатый выборъ рецептовъ для приготовленія, проявленія и закрѣпленія цвѣтныхъ фотографій, чѣмъ чрезвычайно облегчили работы своихъ послѣдователей. Въ особенности цѣнны ихъ указанія на то, чего нужно рѣшительно остерегаться и избѣгать. Такъ напримѣръ, Нейгаусъ для успѣшности снимковъ спектра рекомендуетъ исключительно пластинки, приготовленныя на куриномъ бѣлкѣ, съ которыми цвѣтная фотографія удается вообще очень просто. Но для снимковъ цвѣтныхъ предметовъ обязательно прибѣгать къ желатиннымъ пластинкамъ, причемъ сортъ желатины играетъ доминирующую роль. Съ желатиною даннаго запаса цвѣтныя фотографіи удаются прекрасно, а съ желатиною новаго запаса вовсе не удаются! На основаніи своего опыта Нейгаусъ рекомендуетъ желатину Лаутенплеге-

---

[1]) *E. Valenta,* Die Photographie in natürlichen Farben. Halle, 1894.

[2]) *H. Krone,* Wied. Ann., Bd. 46 (1897), p. 426.

[3]) *R. Neuhauss.* Die Farbenphotographie. Encyklopädie der Photographie, № 33. Halle 1898.

ра (Lautenschläger, Berlin Oranienburgerstrasse, 54); ее нужно плавить при температурѣ 35°Ц. Для удачи снимка очень важно выбрать надлежащую продолжительность экспозиціи и быстро проявлять и фиксироватъ.

Значительное упрощеніе въ методѣ Липмана сдѣлалъ Ротэ, демонстрировавшій свои цвѣтные снимки съ разныхъ предметовъ въ засѣданіи Французскаго Физическаго Общества въ Парижѣ 6 января нынѣшняго года. Онъ устранилъ отражающую ртутную поверхность, ничѣмъ ее не замѣняя, и тѣмъ не менѣе получилъ удовлетворительныя цвѣтныя фотографіи; оказалось, что цвѣта ихъ только нѣсколько блѣднѣе, чѣмъ цвѣта настоящихъ липмановскихъ, приготовленныхъ съ отражающею ртутною поверхностью. Способъ Ротэ ни только не нуждается въ новой теоріи для своего объясненія, но является лишь лучшимъ подтвержденіемъ справедливости теоріи Ценкера, ибо образованіе стоячихъ волнъ при отраженіи возможно какъ при отраженіи отъ болѣе плотной среды (ртуть), такъ и при отраженіи отъ менѣе плотной (воздухъ).

Не имѣя возможности входить здѣсь въ дальнѣйшія техническія подробности, я отсылаю интересующихся ими читателей къ оригинальнымъ только-что указаннымъ работамъ Фаленты и Нейгауса.

13. Итакъ предвидѣніе Ценкера оправдалось: благодаря блестящимъ работамъ Винера и Липмана, стоячія свѣтовыя волны были обнаружены, и цвѣтныя фотографіи были получены, а этимъ самымъ былъ данъ новый толчекъ къ дальнѣйшему изученію интереснаго явленія. Прежде всего нужно было изслѣдовать структуру липмановской свѣточувствительной пластинки до и послѣ проявленія изображеній и показать, что она тонка и отлична отъ грубаго строенія обыкновенной фотографической пластинки. Эту часть задачи изслѣдовали Шютъ [2]), Нейгаусъ [3]) и Кирхнеръ [4]);—они прибѣгли къ чрезвычайнымъ увеличеніямъ микроскопа и обнаружили, что до проявленія строеніе пластинки, дающей цвѣтное изображеніе, однородно, и что серебрянныя

---

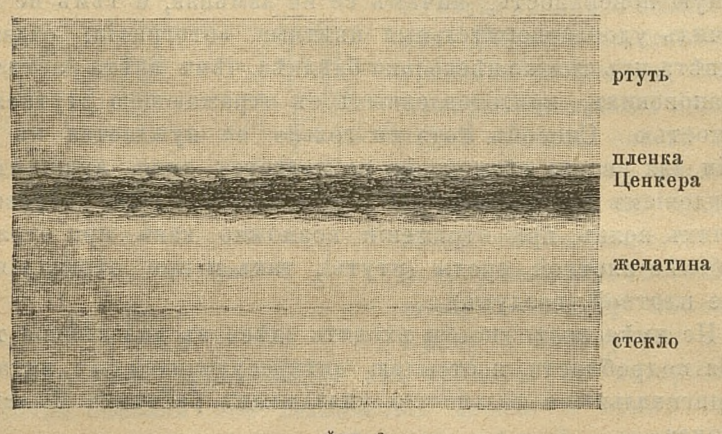
¹) *Rothé*, Bulletin de la Société française de Physique. № 220, le 6 Janvier 1905, p. 78.

²) *Schütt*, Fortschritte der Physik im Jahre 1896, II, p. 149.

³) *Kirchner*, Drude. Ann. Bd. 13, (1904), p. 239.

⁴) *Neuhauss*, Wid. Ann. Bd. 65 (1898) p. 164.

зерна въ массѣ ея желатины разсѣяны равномѣрно, а послѣ проявленія Нейгаусъ обнаружилъ ценкеровскія пленки. Эти пленки онъ наблюдалъ при линейномъ увеличеніи микроскопа въ 4000 разъ, сдѣлавъ микротомомъ поперечный разрѣзъ готовой цвѣтной фотографіи. Репродукцію одной изъ его микрофотографій можно видѣть на фиг. 6; слѣды періодически распредѣленныхъ пленокъ на ней ясно видны; эта часть пластинки воспроизводила красный цвѣтъ; поэтому теоретически разстояніе



фиг. 6.

между ценкеровскими пленками должно быть равно полуволнѣ краснаго цвѣта, т. е. 0·00035 mm.; фактически же Нейгаусъ путемъ микрометрическихъ измѣреній нашелъ 0·00033—0·00038 mm. На этой-же микрофотографіи мы видимъ, что пленокъ не очень много, около семи; онѣ начинаются съ внѣшней поверхности чувствительнаго слоя, обращеннаго къ ртутному зеркалу; со стороны стекла ихъ уже не видно. Отсюда можно почерпнуть указаніе, что чувствительный слой въ цвѣтныхъ фотографіяхъ долженъ быть очень тонкимъ. И, дѣйствительно, уже въ самомъ началѣ Липманъ обращалъ на это вниманіе и рекомендовалъ наливать пластинки по возможности тонко, чтобы чувствительный слой былъ возможно прозрачнымъ и не мѣшалъ свѣтовымъ лучамъ проникать до зеркальной отражающей поверхности ртути, а непосредственныя измѣренія Шюта одного образца Нейгауса дали для толщины слоя 0·0012 mm. Помимо такого прямого доказательства существованій ценкеровскихъ пленокъ въ

цвѣтныхъ фотографіяхъ Липмана Люпо-Крамеръ [1]) далъ косвенное: онъ показалъ, что при погруженіи готовой цвѣтной фотографіи въ азотную кислоту серебрянныя пленки растворяются, и цвѣта исчезаютъ. Изъ всего сказаннаго видно, что до сихъ поръ многія теоретическія ожиданія оправдались.

14. Но обратимся теперь къ самимъ краскамъ липмановскихъ цвѣтныхъ изображеній и посмотримъ, вѣрно-ли онѣ передаютъ оригинальныя; нѣтъ-ли въ нихъ какихъ-либо особенностей или же чего-нибудь лишняго.

1) Прежде всего слѣдуетъ указать на то, что небольшое измѣненіе угла паденія освѣщающихъ лучей мѣняетъ краски этихъ фотографій очень мало; между тѣмъ въ кольцахъ Ньютона это измѣненіе гораздо значительнѣе.

2) Спектральныя краски этихъ фотографій не соотвѣтствуютъ вполнѣ наблюдаемому спектру: красный цвѣтъ получается съ оттѣнкомъ малиноваго; зеленый цвѣтъ жесткій, металлическаго оттѣнка; оранжеваго нѣтъ; желтаго мало; за краснымъ концомъ обнаруживается цвѣтная полоса иногда голубая, иногда синезеленая, иногда сѣро-голубая, смотря по образцу; за фіолетовымъ концомъ появляются цвѣта и полосы, характерные для ультра-фіолетовой части спектра, обыкновенно невидимой, но обнаруживаемой флуоресцирующими экранами. Кромѣ того, Меленъ прямыми спектроскопическими наблюденіями доказалъ, что эти цвѣта не простые, а сложные, похожіе на цвѣта ньютоновыхъ колецъ.

3) При разсматриваніи цвѣтной фотографіи спектра въ проходящемъ свѣтѣ легко можно наблюдать дополнительные цвѣта. Между нѣсколькими образцами цвѣтныхъ фотографій Липмана и Нейгауса въ моемъ распоряженіи имѣется одинъ спектръ работы послѣдняго, нарочно сдѣланный чрезвычайно слабо, а потому совершенно прозрачный. Онъ показываетъ въ отраженномъ свѣтѣ болѣе рѣзко зеленый цвѣтъ, а въ проходящемъ на томъ-же мѣстѣ—розовый. Въ этомъ отношеніи липмановскіе снимки существенно отличаются отъ пуатвеновскихъ, которые въ обоихъ случаяхъ показываютъ одинаковые цвѣта.

15. О. Винеръ, который за годъ до цвѣтныхъ фотографій Липмана получалъ безцвѣтныя фотографіи стоячихъ волнъ, съ

---

[1]) *Lüppo-Cramer.* Fortschritte der Physik im Jahre 1901, II, p. 160.

глубокимъ теоретическимъ интересомъ отнесся къ изученію различныхъ подробностей липмановскаго процесса. Онъ самъ и его сотрудники-ученики (Вальботъ, Шарисъ, Кирхнеръ) произвели изслѣдованія, пролившія свѣтъ въ эту еще мало изученную область оптики и показавшія, что, дѣйствительно, происходящія явленія въ снимкахъ Липмана значительно сложнѣе той общей схемы, которую рисовали себѣ Ценкеръ и Липманъ. Такъ достаточно указать на слѣдующіе интересные опыты Нейгауса, которые онъ производилъ, налагая на одинъ снятый на пластинкѣ, но еще не проявленный спектръ, другой спектръ, и только затѣмъ проявляя весь этотъ сложный цвѣтной снимокъ. Спектры при этомъ налагались то параллельно другъ къ другу но съ обратно расположенными цвѣтами, то взаимно-перпендикулярно. У меня есть такой снимокъ, въ которомъ я вижу, что на фонѣ фіолетоваго конца перваго спектра параллельно ему наложенъ красный конецъ второго и наоборотъ. Въ результатѣ такого наложенія получается цвѣтная картина, въ которой концы окрашены въ красно-оранжевый цвѣтъ, за которымъ внутри рисунка слѣдуютъ симметричныя области зеленаго цвѣта, а въ серединѣ получается красивый синеголубой цвѣтъ съ двумя черными полосами. Нейгаусъ назвалъ ихъ полосами Тальбота, а Пфаундлеръ [1])—полосами Ценкера. По мнѣнію Винера эти полосы происходятъ отъ оптическихъ біеній соотвѣтственныхъ свѣтовыхъ лучей. Разсуждая по поводу этихъ полосъ, Пфаундлеръ говоритъ, что онѣ являются убѣдительнѣйшимъ доказательствомъ существованія цѣлаго ряда паръ красокъ, которыя въ липмановскомъ способѣ не смѣшиваются въ одну соотвѣтственную цвѣтную смѣсь, а нейтрализуютъ себя взаимно до образованія чернаго цвѣта. Поэтому онъ не считаетъ рѣшеніе вопроса о цвѣтной фотографіи совершенно законченнымъ; онъ смотритъ на способъ Липмана, какъ на одинъ изъ возможныхъ и, во всякомъ случаѣ, какъ на одинъ изъ блестящихъ въ такомъ рядѣ.

16. Заканчивая этотъ очеркъ о цвѣтной фотографіи, я хочу еще подѣлиться своими личными впечатлѣніями по этому поводу. Съ 1892 г. по 1900 г. (включительно я много разъ въ Россіи и за границею видѣлъ цвѣтныя фотографіи, полученныя по способу Липмана, какъ имъ самимъ, такъ и другими лицами:

---

[1]) *Pfaundler,* Drude Ann. Bd. 15 (1904), p. 371.

Фалентою въ Вѣнѣ, Нейгаусомъ въ Берлинѣ, Усагинымъ въ Москвѣ. Большинство видѣнныхъ мною снимковъ относилось къ фотографіи цвѣтныхъ спектровъ; только у Липмана было значительное разнообразіе прекрасно исполненныхъ снимковъ, какъ съ раскрашенныхъ картинъ и цвѣтныхъ предметовъ, такъ и съ живыхъ цвѣтовъ и даже ландшафтовъ съ людьми. При появленіи этихъ картинъ на экранѣ, зрители всегда испытывали высокое удовлетвореніе вслѣдствіе правдивости и художественности передача воспроизведеннаго и всегда выражали его непринужденными знаками своего одобренія.

Пусть теоретически задача цвѣтной фотографіи еще не разрѣшена окончательно; пусть въ деталяхъ она внушаетъ научныя сомнѣнія. Въ этихъ сомнѣніяхъ, въ этомъ исканіи лучшаго она найдетъ только новыя средства, чтобы стать на еще болѣе высокую степень совершенства. Но и то, что уже сдѣлано въ этой области, вызываетъ справедливое удивленіе къ мощности человѣческаго ума, такъ глубоко проникнувшаго въ тайны окружающей насъ природы.

Кіевъ, январь 1905 года.

Новая теорія матеріи

А. Бальфура[1]

Наша Ассоціація чаще всего выбираетъ для своихъ съѣздовъ многолюдные центры, гдѣ окружающее не позволяетъ забывать, какъ наука тѣсно связана съ промышленностью, насколь-

---

[1]) Рѣчь англійскаго министра-президента, произнесенная при открытіи съѣзда Британской Ассоціаціи въ Кембриджѣ въ 1904 г.: Reflections suggested by the New Theory of Matter, Inaugural Address by the Right Hon. A. J. Balfour, D.C.L., LL.D., M.P., F.R.S., Chancellor of the University of Edinburgh, President of the Association.

ко интересы современнаго изобрѣтателя и инженера близки къ отвлеченнымъ изслѣдованіямъ ученаго. Конечно, такъ и должно быть; разъединеніе теоріи съ практикою не можетъ не повліять вредно на ту и на другую.

Но Британская Ассоціація существуетъ для развитія науки, и потому хорошо, что нынѣ для съѣзда опять выбрано такое мѣсто, въ которомъ изслѣдованія всегда имѣли своею цѣлью скорѣе науку, чѣмъ ея приложенія, гдѣ всегда искалось больше знаніе, чѣмъ практическая польза. Здѣсь, въ Кембриджѣ, мы стоимъ на классической почвѣ физическихъ открытій; всякій, считающій, что физика есть Scientia Scientiarum, основа всѣхъ научныхъ дисциплинъ, занимающихся неодушевленною природою, нигдѣ въ мірѣ не найдетъ другого мѣста, которое бы было связано съ столь славными людьми, положившими начало новымъ и плодотворнымъ физическимъ концепціямъ. Я не буду говорить о Беконѣ, этомъ пророкѣ новой эры, ни о Дарвинѣ— этомъ Коперникѣ біологіи, ибо въ мою задачу не входитъ оцѣнка того, что Кембриджъ сдѣлалъ для общаго роста научныхъ знаній. Я останавлюсь только на рядѣ знаменитыхъ физиковъ, которые въ теченіе нѣсколькихъ вѣковъ учились и учили подъ этими сводами; этотъ рядъ начинается Ньютономъ въ 17 столѣтіи, продолжается Кавидишемъ въ 18, Юнгомъ, Стоксомъ, Максвелемъ въ 19, Кельвиномъ, который одинъ представляетъ собою цѣлою эпоху, и кончается Релеемъ, Ларморомъ, Дж. Дж. Томсономъ и научною школою кавендишской лабораторіи, физическія торіи которой украшаютъ послѣдніе годы и ставятъ ихъ на ряду съ прошлыми столѣтіями.

Какую же задачу поставили себѣ эти люди и собирающіеся со всѣхъ странъ свѣта ихъ ученики? Какую конечную цѣль имѣютъ эти новыя физическія теоріи, о которыхъ я только-что упоминалъ? Касаются-ли онѣ „законовъ природы", долженствующихъ связать между собою всѣ явленія? Конечно нѣтъ. Начать съ того, что ни только нецѣлесообразно, но даже невѣрно называть явленіемъ то, что намъ не видно, никогда не было видно и никогда не будетъ видно намъ, которые одарены столь ограниченными органами чувствъ. Но помимо лингвистической ошибки, которую нетрудно было бы исправить, по существу невѣрно думать, что при изслѣдованіи природы, нѣтъ иной задачи, какъ искать законы. Физику надлежитъ дѣлать нѣсколько больше, чѣмъ изслѣдовать то, что можно назвать „сосуще-

ствованіемъ" и „слѣдствіемъ" такъ называемыхъ „явленій". Онъ не можетъ удовлетвориться законами, соединяющими объекты опыта, и долженъ проникнуть глубже. Цѣль его изысканій должна быть *сущность вещей*: истинная сущность вещей, доступная или недоступная его непосредственному воспріятію; сущность вещей, которая во всякомъ случаѣ имѣетъ мѣсто, независимо отъ нашихъ органовъ чувствъ; сущность вещей, которая лежитъ въ основѣ того мірозданія, о которомъ мы имѣемъ до сихъ поръ лишь самыя поверхностныя и обманчивыя представленія. Существованіе такой реальности, сколько бы въ ней ни сомнѣвались философы, составляетъ непоколебимую вѣру науки. Если бы подъ ударами критическихъ соображеній эта вѣра исчезла per impossibile, то это повлекло бы за собою гибель всѣхъ точныхъ наукъ. Если такъ, если одна изъ задачъ науки и въ особенности физики—составить представленіе о вселенной въ ея дѣйствительной сущности, то попытка сличить способы, которыми въ разныя эпохи развитія науки набрасывалась эта умственная картина, не можетъ не вызывать вопросовъ глубочайшаго интереса. Въ виду особаго характера настоящаго собранія я не буду касаться чисто философскихъ вопросовъ, а съ другой стороны мое незнаніе не позволяетъ мнѣ затрагивать спеціально научные вопросы; но найдутся и другіе вопросы достаточно близкіе къ границѣ тѣхъ и другихъ, чтобы побудить спеціалистовъ, главенствующихъ по ту и другую сторону ея, снисходительно взглянуть на предпринимаемое мною нападеніе на ихъ законное владѣніе.

Я начну сравненіемъ двухъ такихъ картинъ. Первую можно считать выражающею взгляды, которые преобладали въ концѣ 18-го столѣтія; она была нарисована лѣтъ сто спустя обнародованія ньютоновскихъ „Principia", т. е. посрединѣ между этою эпохою и настоящимъ временемъ; я думаю, что если бы въ этотъ періодъ среднему ученому предложили изобразить свои общія представленія о вселенной, онъ сказалъ бы, что главнымъ образомъ міръ состоитъ изъ разнаго рода вѣсомыхъ субстанцій, разсѣянныхъ по всему пространству въ видѣ различныхъ соединеній, и—подъ вліяніемъ химическаго сродства и температуры—представляющихъ безконечное разнообразіе, но—при всѣхъ метаморфозахъ—подчиняющихся законамъ движенія, сохраняющихъ безъ измѣненія свои массы и развивающихъ на всякомъ разстояніи силу притяженія, которая подчиняются простымъ за-

конамъ; къ этой вѣсомой матеріи онъ вѣроятно прибавилъ бы такъ называемую „невѣсомую“ теплоту, часто помѣщавшуюся въ рядъ элементовъ, а также двѣ „электрическихъ жидкости“ и корпускулярное истеченіе, образующее свѣтъ.

Во вселенной, такимъ образомъ составленной, важнѣйшая форма дѣйствій между отдѣльными частями была „actio in distans“; принципъ сохраненія энергіи даже въ общихъ чертахъ не былъ еще извѣстенъ; электричество и магнитизмъ, хотя уже предметы важныхъ изслѣдованій, не играли большой роли; можно было обойтись и безъ всюду распространеннаго эѳира. Вотъ картина, которую нарисовалъ бы воображаемый физикъ той эпохи. Нѣсколько мѣсяцевъ спустя наступилъ новый моментъ, глубоко измѣнившій эти представленія о вселенной. Около ста лѣтъ тому назадъ Юнгъ началъ или возобновилъ знаменитый споръ, окончившійся установленіемъ волнообразной теоріи свѣта и вмѣстѣ тѣмъ вѣры въ безграничную среду, въ которой могутъ распространяться волны. Это открытіе было чревато еще многими другими слѣдствіями; не только одна теорія свѣта замѣнялась другою, болѣе соотвѣтствующею фактамъ, но въ научное міросозерцаніе вводили новый могучественный факторъ, эѳиръ— факторъ, который съ тѣхъ поръ перевернулъ всѣ перспективы нашихъ представленій и до сихъ поръ еще ихъ передвигаетъ.

Представленіе о безграничномъ міровомъ пространствѣ, населенномъ рѣдкими солнцами и планетами, представило Лапласу достаточный матеріалъ для его небесной механикѣ. Но неограниченное пространство, наполненное непрерывною средою, было нѣчто совершенно другое и открывало мыслителю совершенно неожиданные горизонты. Нельзя было полагать, что эѳиръ, разъ онъ существуетъ, служитъ только для передачи тѣхъ колебаній, которыя раздражаютъ нашъ зрительный нервъ. Хотя эѳиръ первоначально и былъ придуманъ для выполненія этой функціи, но его роль, конечно, нельзя было ограничивать только этимъ. И дѣйствительно, какъ извѣстно каждому, свѣтъ и лучистая теплота, вызывающіе столь различныя ощущенія, а также электрическія волны, вовсе не дѣйствующія на наши чувства, разнятся между собою лишь количественно, но не качественно.

Но это еще далеко не все! Перескочимъ столѣтіе, которое насъ отдѣляетъ отъ Юнга, и попробуемъ набросать картину мі-

ра, какъ она рисуется представителямъ современной науки. Какія страшныя измѣненія въ нашихъ представленіяхъ вызвали атомистическая теорія матеріи, кинетическая теорія газовъ и законы сохраненія и разсѣянія энергіи. Впереди всего стоитъ непрерывно возростающее значеніе, которое электричество и эѳиръ имѣютъ во всѣхъ представленіяхъ о сущности вещей.

Для физика начала 18-го столѣтія электричество было лишь таинственною причиною нѣкоторыхъ незначительныхъ явленій. Было извѣстно и притомъ уже давно, что янтарь и стекло иногда притягиваютъ легкія тѣла. Чрезъ 50 лѣтъ признали, что молнія есть электрическое явленіе; чрезъ 100 лѣтъ былъ открытъ электрическій токъ; чрезъ 120 лѣтъ была найдена связь между электричествомъ и магнитизмомъ; наконецъ чрезъ 170 лѣтъ установлена ихъ связь со свѣтомъ и эѳирными волнами.

Теперь встрѣчаются люди, считающіе осязаемую матерію, съ которою мы имѣемъ дѣло ежедневно, не болѣе какъ проявленіемъ электричества; они думаютъ, это элементарный атомъ химиковъ, будучи далекъ отъ предѣловъ непосредственнаго ощущенія, есть лишь система соединенныхъ монадъ или субатомовъ, составленныхъ не изъ наэлектризованной матеріи, но изъ самого электричества; что эти системы различаются числомъ содержащихся въ нихъ монадъ, ихъ расположеніемъ и движеніемъ относительно другъ друга и относительно эѳира; что этими различіями и только ими обусловливаются разныя качества того, что прежде считалось недѣлимымъ и элементарнымъ атомомъ; и что между тѣмъ, какъ въ большинствѣ случаевъ эти атомныя системы сохраняютъ равновѣсіе въ теченіе такихъ періодовъ, которые—по сравненію съ астрономическимъ процессомъ охлажденія солнца—могутъ казаться вѣчными, онѣ не менѣе подчиняются закону измѣненія, чѣмъ само вѣчное небо.

Но если осязаемая матерія есть аггрегатъ атомовъ, и если атомы суть системы электрическихъ монадъ, что же такое эти послѣднія? Если принять гипотезу Лармора, то это есть измѣненіе всемирнаго эѳира — измѣненіе, которое можетъ быть грубо уподоблено узламъ внутри среды, которая нерастяжима, несжимаема и непрерывна. Будетъ-ли такое окончательное объясненіе принято или нѣтъ, несомнѣнно, что эти монады не

могутъ быть разсматриваемы отдѣльно отъ эѳира; внѣ эѳира электрическая теорія матеріи немыслима.

Несомнѣнно тутъ мы имѣемъ совершенно необычайный переворотъ. Двѣсти лѣтъ тому назадъ электричество считали за научную игрушку, а теперь нѣкоторые думаютъ, что оно составляетъ сущность вещей, осязательнымъ выраженіемъ которой служитъ матерія. Едва сто лѣтъ прошло съ тѣхъ поръ, какъ эѳиру было отведено мѣсто въ ряду составныхъ частей вселенной, а теперь обсуждается вопросъ, не образуетъ-ли онъ ту первичную матерію, изъ которой построена вся вселенная. Не менѣе поразительны и дальнѣйшіе выводы изъ этого представленія о вселенной. Напримѣръ, мы привыкли думать, что масса есть основное свойство, которое ни только не поддается объясненію, но которое и не требуетъ такого, что по своему существу она неизмѣнна, т. е. не уменьшается и не увеличивается, какія бы силы на нее ни дѣйствовали. Но если принять новую теорію, то и эти выводы должны оправдаться. Массу не только можно объяснить, но она уже объяснена. Прежде всего это не есть первичное свойство матеріи, скорѣе она обусловливается соотношеніемъ между электрическими монадами, изъ которыхъ составлена матерія, и эѳиромъ, въ которомъ она погружена; она отнюдь не неизмѣняема; напротивъ того, во время быстраго движенія при каждомъ измѣненіи скорости она подвергается перемѣнамъ.

Впрочемъ наиболѣе важныя измѣненія въ нашей картинѣ вселенной, вызываемыя новою теоріею, надо искать въ другомъ направленіи. Всѣмъ, конечно, извѣстна теорія происхожденія и развитія солнца и планетной системы, а также постепеннаго разсѣянія энергіи, которая въ теченіе этого процесса превращалась преимущественно въ свѣтъ и лучистую теплоту. Если прослѣдить эту гипотезу до ея послѣднихъ логическихъ выводовъ, то станетъ ясно, что нынѣ видимыя звѣзды находятся въ промежуточномъ состояніи между туманностями, изъ которыхъ онѣ произошли, и потухшими небесными тѣлами, въ которыя современемъ превратятся. Какое представленіе связываемъ мы со множествомъ невидимыхъ небесныхъ тѣлъ, въ которыхъ этотъ процессъ уже законченъ? Согласно съ прежнею теоріею они находятся въ состояніи, при которомъ всякое внутреннее движеніе прекращено; охлажденныя до температуры междузвѣзднаго пространства, эти небесныя тѣла должны быть тверды и

инертны; никакія химическія дѣйствія и молекулярныя движенія на нихъ невозможны; ихъ исчерпанный запасъ энергіи не можетъ быть пополненъ иначе, какъ столкновеніемъ съ другимъ небеснымъ тѣломъ или перемѣщеніемъ въ другія области, согрѣваемыя болѣе молодымъ солнцемъ.

Однако этотъ взглядъ надо совершенно измѣнить, если мы примемъ новую электрическую теорію матеріи. Тогда мы уже не можемъ принимать, чтобы весь запасъ энергіи солнца терялся, какъ скоро присущая ему энергія превратилась въ теплоту, вслѣдствіе-ли сжиманія подъ вліяніемъ тяготѣнія или химической реакціею элементовъ, или какою-нибудь междуатомною силою, и чтобы вся теплота, такимъ образомъ созданная, разсѣялась въ безграничномъ пространствѣ. Напротивъ того подобнымъ образомъ потерянная энергія совершенно ничтожна сравнительно съ тѣмъ, что остается внутри отдѣльныхъ атомовъ. Система, какъ собраніе отдѣльныхъ частей, конечно, рушится, но ресурсы этихъ отдѣльныхъ частей едва затронуты. Правда, атомы лежатъ неподвижно одинъ рядомъ съ другимъ, и ихъ химическое сродство изчезло; но какъ бы безжизненъ ни казался атомъ, внутри его происходятъ быстрыя движенія и дѣйствуютъ значительныя силы. Выражу то же еще иначе. Когда въ полѣ зрѣнія телескопа внезапно появляется новая звѣзда, и такимъ образомъ наблюдателю дается вѣсть о пожарѣ цѣлаго міра, онъ невольно приходитъ въ трепетъ при мысли о тѣхъ страшныхъ силахъ, которыя вызвали эту далекую трагедію. Тѣмъ не менѣе члены каждой отдѣльной атомной системы неизмѣнно продолжаютъ свой путь въ то время, какъ сами атомы раздѣляются въ пылающемъ пламени, а силы, которыя разбиваютъ вдребезги такой міръ, въ сущности ничтожны сравнительно съ тѣми, при помощи которыхъ каждый атомъ удерживается въ цѣлости.

Итакъ вообще намъ бросаются въ глаза лишь слабѣйшія силы природы и энергія въ ея поверхностныхъ проявленіяхъ. По этой теоріи химическое сродство и сцѣпленіе суть не болѣе, какъ слабыя дѣйствія внутреннихъ электрическихъ силъ, соединяющихъ части атома. Само тяготѣніе—та сила, которая туманности обращаетъ въ стройныя солнечныя системы—ничтожно сравнительно съ притяженіями и отталкиваніями наэлекризованныхъ тѣлъ; а эти послѣднія въ свою очередь стушевываются передъ притяженіями и отталкиваніями между электри-

ческими монадами. Неправильное движеніе частицъ, образующее теплоту, составляющее conditio sine qua non органической жизни и своимъ превращеніемъ занимающее современную технику, исчезаетъ въ сравненіи съ кинетической энергіею, собранною внутри самой частицы. Правда, вся дѣятельность этихъ силъ лежитъ, повидимому, внѣ сферы нашихъ непосредственныхъ интересовъ; мы не можемъ перешагнуть за предѣлы этой области, мы не можемъ пользоваться этими силами; онѣ не приводятъ въ дѣйствіе нашихъ мельницъ, ихъ нельзя запречь въ наши поѣзда; тѣмъ не менѣе онѣ сильно возбуждаютъ наше воображеніе. Съ незапамятныхъ временъ звѣздное небо вызывало въ человѣчествѣ поклоненіе и удивленіе. Но если пыль изъ-подъ нашихъ ногъ дѣйствительно состоитъ изъ безчисленныхъ системъ, элементы которыхъ вѣчно находятся въ быстрыхъ движеніяхъ, но въ теченіе неисчислимыхъ лѣтъ сохраняютъ свое равновѣсіе ненарушеннымъ, то мы можемъ съ увѣренностью утверждать, что чудеса, которыя мы непосредственно видимъ, несравнимы съ тѣми, о которыхъ мы можемъ догадываться послѣ недавнихъ открытій.

Независимо отъ того сохранится-ли въ главныхъ чертахъ міровая картина, которую я только-что вамъ изобразилъ, или же она на палимпсестѣ науки будетъ покрыта другимъ рисункомъ, всякій согласится, что такая разумная попытка объединить физическій міръ вызываетъ величайшее умственное наслажденіе.

Я не стану изслѣдовать, имѣетъ-ли теоретическое основаніе это наше внутреннее стремленіе къ единству матеріальнаго міра. A priori нельзя сказать, почему матеріальный міръ долженъ быть скорѣе видоизмѣненіемъ одного первичнаго вещества, а не сложнымъ строеніемъ изъ 60 или 70 споконъ вѣковъ различныхъ элементовъ. Откуда же наклонность къ первому представленію и отвращеніе отъ второй гипотезы? Ученые издавна высказывались противъ многочисленности элементовъ и потому съ радостью ухватились за гипотезу, по которой сами атомы еще сложныя тѣла, могущія быть сведенными къ одному общему происхожденію.

Я лично убѣжденъ, что на такія внутреннія стремленія нельзя не обращать вниманія. Джонъ Милль смотрѣлъ съ пренебреженіемъ на тѣхъ, которые не могли привыкнуть къ принципу actio in distans. Наблюденія и опытъ не показываютъ-ли

намъ, что въ самомъ дѣлѣ тѣла взаимодѣйствуютъ на разстояніи? Почему бы и не такъ? Почему внутреннее совершенно необоснованное чувство предпочесть опыту? Таковы разсужденія Милля, и противъ нихъ ничего нельзя сказать. Тѣмъ не менѣе мы не должны забывать, что скептицизму, съ которымъ Фарадей выступилъ противъ ученія „actio in distans", мы обязаны тѣмъ важнымъ открытіямъ, на которыхъ основаны не только вся электротехника, но и наша электрическая теорія матеріи. И мы не можемъ упускать изъ виду, что всѣ физики отказываются отъ теоріи, которая удовлетворяла Милля, и которая принимаетъ тяготѣніе просто за необъяснимое свойство тѣлъ, взаимодѣйствующихъ издали.

Эти таинственныя указанія для уразумѣнія истинной сущности вещей заслуживаютъ, по моему, большаго вниманія, чѣмъ это обыкновенно думаютъ. Что они существуютъ, это несомнѣнно; что они противорѣчатъ строгому безпристрастію чистаго эмпиризма, это также нельзя отрицать. Распространенное мнѣніе, по которому желающій проникнуть въ тайны природы долженъ держаться исключительно указаній опыта, лишь отчасти справедливо. При нормальныхъ условіяхъ это такъ; но время отъ времени случается, что наблюденіе и опытъ служатъ не проводникомъ, за которымъ бы можно было слѣпо слѣдовать, но лишь свидѣтелями, которыхъ перекрестнымъ допросомъ можно опровергнуть; ихъ ясныя показанія подвергаются сомнѣнію, и слѣдователь не успокоится прежде, чѣмъ не вырветъ отъ нихъ призанія, согласнаго съ его передвзятою теоріею.

Такой образъ дѣйствія понятенъ и вполнѣ оправдывается во всѣхъ случаяхъ, когда между добытыми фактами замѣчаются противорѣчія. Эти противорѣчія должны быть устранены, что бываетъ особенно трудно въ томъ случаѣ, когда опытъ далъ уже, по видимому, неопровержимое доказательство, а между тѣмъ научный инстинктъ упорствуетъ въ своемъ противоположномъ мнѣніи. Я уже указалъ два примѣра такого рода; можно указать еще и другіе. Откуда происходитъ это стремленіе и каково его значеніе? Отражаются-ли въ немъ одни лишь предразсудки, или же въ немъ заключается указаніе, котораго не долженъ упускать изъ виду ни одинъ ученый?

Я не буду останавливаться на этихъ вопросахъ. Я предпочитаю коснуться нѣкоторыхъ задачъ, хотя и старыхъ, но не-

давно возобновленныхъ теоріею матеріи. Совершенно ясно, что наши новыя представленія рѣзко отличаются отъ тѣхъ, которыя подсказываются обыкновенными наблюденіями. Помимо размышленія мы, несмотря на научное воспитаніе, не могли бы землю, на которой стоимъ, или тѣ живые организмы, съ которыми такъ тѣсно связана судьба земли, считать за конгломератъ электрическихъ монадъ, которыя движутся иногда далеко за видимыми предѣлами образуемаго ими предмета. Не менѣе ясно, что существуетъ подобное же разногласіе между новою теоріею матеріи и тѣми измѣненіями представленій, созданныхъ здравымъ смысломъ, которыми наука до сихъ поръ вполнѣ удовлетворялась.

Въ чемъ же заключаются эти измѣненія представленій, вытекающихъ изъ здраваго смысла? Коротко говоря, они указываются старымъ философскимъ различіемъ между „первичными" и „вторичными" свойствами матеріи. Первичнымъ свойствамъ — формѣ и массѣ—приписывали совершенно независимое отъ наблюдателя существованіе; тутъ теорія согласовалась со здравымъ смысломъ. Что же касается вторичныхъ свойствъ—теплоты и цвѣта, то имъ не приписывали такого самостоятельнаго существованія; ихъ считали результатомъ дѣйствія первичныхъ свойствъ на наши чувства; тутъ, понятно, здравый смыслъ и теорія сильно расходились.

Не касаясь подробностей, скажу только, что наука вообще держалась этой теоріи первичныхъ и вторичныхъ свойствъ матеріи. Разсужденія и выводы Ньютона, какъ напримѣръ его законы движенія, основывались на такомъ представленіи о матеріи; ей онъ приписалъ всеобщее тяготѣніе. Положеніе не измѣнилось существенно даже тогда, когда наука заинтересовалась какъ движеніемъ частицъ, такъ и обращеніемъ планетъ; ибо что бы не говорилось о частицахъ и атомахъ, они все-таки оставались частями матеріи, обладающими „первичными" свойствами, которыя приписывались всей матеріи, въ какомъ бы количествѣ ее ни брали.

Электрическая теорія, о которой мы говорили, вводитъ насъ въ совершенно новую область; она не ограничивается тѣмъ, что объясняетъ „вторичныя" свойства изъ „первичныхъ" или свойства осязаемой матеріи изъ свойствъ атомовъ; она разрѣшаетъ матерію въ нѣчто такое, что вовсе уже не матерія; теперь атомъ лишь сравнительно большое пространство, въ ко-

торомъ ничтожныя монады совершаютъ свои стройныя обращенія; при этомъ сами монады разсматриваются уже не какъ матеріальныя единицы, а какъ электрическія единицы, такъ что по этой теоріи матерія даже не нуждается въ объясненіи.

Теперъ я намѣренъ не столько показать противорѣчіе между научнымъ и ненаучнымъ воззрѣніями на матерію, сколько доказать, что первое изъ этихъ противоположныхъ воззрѣній въ сущности основано на второмъ. Это можетъ показаться парадоксомъ. Я утверждаю, что всѣ наши научныя доктрины опираются на наблюденіи; но наблюденія, на которыхъ мы основываемъ наши теоріи физическаго міра, состоятъ изъ чувственныхъ впечатлѣній, получаемыхъ нами отъ этого міра. Это наблюденіе; и въ этой области нѣтъ ничего другого. Но заключенія, которыя мы признаемъ основанными на наблюденіи, повидимому, противорѣчатъ имъ. Такимъ образомъ то, что мы знаемъ о сущности вещей, основывается на обманѣ чувствъ, и сами образы, которыми мы пользуемся, когда размышляемъ о нихъ или описываемъ ихъ другимъ, заимствованы изъ антропоморфическихъ представленій, вѣрить въ которыя запрещаетъ намъ наука, и пользоваться которыми заставляетъ насъ наша природа.

Здѣсь мы приближаемся къ ряду проблемъ, составляющихъ предметъ индуктивной логики, которыхъ она—эта наименѣе удовлетворительная часть философіи—систематически избѣгала. Вина въ этомъ отнюдь не падаетъ на естествоиспытателей. Послѣдніе заняты открытіями, а не изслѣдованіями основныхъ премиссъ, на наличность которыхъ указываетъ наша способность дѣлать открытія. Не виноваты и трансцендентальные метафизики. Ихъ созерцанія парятъ въ совершенно иныхъ областяхъ мысли. Ихъ интересъ къ философіи природы очень ограниченъ, и какъ бы ни были разрѣшены близкіе ихъ сердцу вопросы, скромныя задачи, на которыя я указалъ, едва-ли отъ этого приблизятся къ своему рѣшенію. Если такимъ образомъ естествоиспытатель и метафизикъ неповинны, то нельзя того же сказать о философахъ, исходящихъ изъ эмпиризма. Они ни только не разрѣшили задачи, но они едва подозрѣваютъ, что такая задача существуетъ и ждетъ своего рѣшенія; они выходятъ изъ того представленія, что наука о природѣ имѣетъ предметомъ лишь такъ называемыя „явленія", и что они выполнятъ свою задачу, если укажутъ слѣдствія, вытекающія изъ нашихъ личныхъ ощущеній; они полагаютъ,

что наука имѣетъ дѣло лишь съ законами природы, а не съ истинною сущностью вещей. Скажу болѣе: такъ какъ они даже сомнѣваются въ существованіи такого физическаго міра, то они никогда и не чувствовали потребности серьезно изслѣдовать методъ, которымъ пользуется наука, и рѣшить насколько этотъ методъ вѣренъ.

Къ этимъ размышленіямъ присоединяется рядъ другихъ, давно уже представлявшихся мнѣ, но которыхъ я нигдѣ не встрѣчалъ. Согласимся, что изъ чувственныхъ воспріятій при помощи логическихъ заключеній мы черпаемъ всѣ наши познанія о физическомъ мірѣ. Эти познанія говорятъ намъ, что физическій міръ существуетъ; чрезъ нихъ мы познаемъ свойства этого міра. Если же прослѣдимъ взаимную связь между причиною и дѣйствіемъ, то придемъ къ заключенію, что эти свойства отчасти зависятъ отъ нашего чувственнаго аппарата. То, что мы видимъ, зависитъ не только отъ разсматриваемыхъ предметовъ, но и отъ нашихъ глазъ; то, что мы слышимъ, зависитъ не только отъ слушаемаго, но и отъ нашего уха.

Но наши зрѣніе и слухъ, равно какъ и остальныя чувства, развивались долгимъ процессомъ естественнаго подбора; а то, что относится до чувствъ, естественно примѣняется и къ умственной способности, которая позволила намъ величественное зданіе науки построить на тѣсномъ и зыбкомъ мѣстѣ, отведенномъ нашими чувствами. Но естественный подборъ происходитъ подъ вліяніемъ одной утилитарности; онъ поощряетъ способности, которыя полезны ихъ обладателю въ борьбѣ за существованіе, и вмѣстѣ съ тѣмъ исключаетъ безполезныя свойства, хотя очень соблазнительныя съ другихъ точекъ зрѣнія, ибо безполезное, вѣроятно, обременительно для обладателя.

Несомнѣнно, что наши чувства и способность умозаключенія уже были развиты прежде, чѣмъ ихъ стали примѣнять къ отысканію истинной сущности вещей, ибо открытія въ этой области сдѣланы лишь въ самое послѣднее время. Слѣпыя силы, направляющія естественный подборъ, служатъ лишь для потребности настоящаго момента; онѣ лишь случайно могли одарить человѣчество тѣмъ физіологическимъ или духовнымъ апаратомъ, который необходимъ для высшаго изслѣдованія природы; ибо, какъ показываетъ наука о природѣ, каждое тѣлесное или духовное дарованіе, которыми мы пользуемся въ борьбѣ за суще-

ствованіе или при питаніи и передвиженіи, суть побочные продукты соотвѣтствующихъ способностей. Органы чувствъ даны намъ, конечно, не для научныхъ изслѣдованій, и наша способность умозаключенія, позволяющая измѣрять небесный сводъ и раздроблять ничтожный атомъ, навѣрное, развилась изъ животныхъ инстинктовъ.

Этимъ обстоятельствомъ объясняется и то, что все извѣстное человѣку объ окружающемъ не только вполнѣ ошибочно, но совершенно не вѣрно въ своей основѣ. Можетъ показаться страннымъ, но до послѣдняго времени мы жили и умирали исключительно въ мірѣ иллюзій; и эти иллюзіи отнюдь не касались отдаленнаго или метафизическаго, отвлеченнаго или божественнаго, но относились къ тому, что люди видятъ и осязаютъ, къ тѣмъ „простымъ фактамъ", среди которыхъ здравый смыслъ увѣренно и беззаботно витаетъ. Причина такого явленія не совсѣмъ понятна. Можетъ быть, что слишкомъ реальный образъ природы скорѣе бы вредилъ, чѣмъ помогалъ въ борьбѣ за существованіе, и что ложь оказалась полезнѣе правды.

Но если это такъ, то сказанное относится не только къ нашимъ чувствамъ, но и къ остальнымъ органамъ познанія: наши умственныя способности должны оцѣниваться такимъ же образомъ. Поэтому пусть предѣлы естествовѣдѣнія какъ угодно расширяются; пусть нарисована какая-угодно картина міра; пусть его безконечное разнообразіе сведено къ единому эѳиру, и его исторія выведена изъ возникновенія атомовъ; пусть показано, какъ послѣдніе подъ вліяніемъ тяготѣнія собирались въ туманности, солнца и другія неисчислимыя звѣзды, а на одной малой планетѣ образовались живыя клѣточки; пусть даже объяснено, какъ изъ этихъ клѣточекъ образовался живой организмъ, какъ этотъ организмъ всесторонне развивался и, наконецъ, былъ одаренъ высшимъ даромъ, и какъ среди этого рода послѣ многихъ столѣтій возникла горсть ученыхъ, которые взглянули на свѣтъ, безсознательно ихъ создавшій, изслѣдовали его и познали его сущность. Пусть, повторяю, все это достигнуто; тѣмъ не менѣе мы не обладаемъ законченною системою міра!

Загадка навсегда останется загадкою, которая не разрѣшается безконечною цѣпью причинъ и слѣдствій. Естествовѣдѣніе должно всегда считать познаніе за произведеніе нераціональныхъ условій, ибо въ сущности оно не знаетъ другихъ;

но само познаніе оно должно признавать раціональнымъ, иначе естествовѣдѣніе не представляло бы собою науки. Отвлекаясь отъ трудностей, которыя встрѣчаются, когда изъ наблюденія хотимъ вывести истину, стоящую въ противорѣчіи съ этими наблюденіями, мы наталкиваемся еще и на другую трудность, состоящую въ томъ, что должны согласовать мутный источникъ нашихъ доктринъ съ свѣтлымъ стремленіемъ къ достовѣрному; чѣмъ успѣшнѣе наше объясненіе причины, тѣмъ болѣе сомнѣній въ его годности; чѣмъ внушительнѣе зданіе науки, тѣмъ труднѣе отвѣтить на вопросъ, на какихъ устояхъ оно покоится.

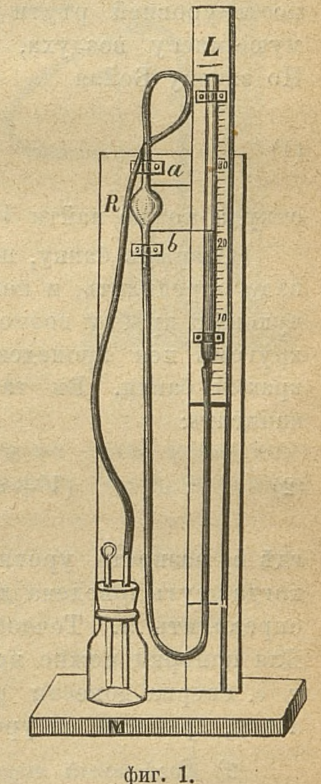
Но здѣсь мы достигаемъ границъ, за которыми естественныя науки теряютъ свою компетенцію. Если запредѣльная область—темная и трудная—сдѣлается когда-нибудь доступною для изслѣдованій, то этою задачею должна будетъ заняться философія, а не естествовѣдѣніе; Британской Ассоціаціи тутъ нечего дѣлать. Мы собираемся здѣсь для развитія одного изъ великихъ отдѣловъ науки; мы не поможемъ этому дѣлу, если нарушимъ границу, отдѣляющую для ихъ взаимной пользы одну область науки отъ другой. Я даже опасаюсь вызвать упрекъ, что не слѣдовалъ собственнымъ предостереженіямъ и безъ нужды вышелъ изъ обширныхъ предѣловъ, которыми ограничивается естествоиспытатель.

Если такъ, то прошу прощенія. Мною руководило желаніе передать тѣмъ, которые подобно мнѣ не спеціалисты въ области естествознанія, тотъ всепоглощающій интересъ, который вызывается величественною гипотезою о физическомъ мірѣ, требующею теперь болѣе, чѣмъ когда-либо, опытнаго подтвержденія, и если я попытался указать, что естествознаніе предназначено къ идеалистическому истолкованію вселенной, то мнѣ простятъ и тѣ, которые менѣе всего готовы были бы это сдѣлать.

Два прибора для практическихъ занятій учениковъ.

Ф. Н. Индриксона [1]

Какъ извѣстно, законы Бойля и Бойля-Гэ-Люссака представляютъ для многихъ учениковъ громадныя трудности. Мнѣ хотѣлось на эту тему предложить своимъ ученикамъ работы и для этой цѣли пришлось подумать надъ устройствомъ приборовъ *дешевыхъ*, но дающихъ удовлетворительные результаты. Описываемые здѣсь приборы, объемомѣръ и воздушный термометръ, изготовлены стеклодувомъ Физическаго Института Петербургскаго Университета г. Шнейдеромъ и представляютъ изъ себя, такъ сказать, „испорченные“ приборы В. В. Лермонтова. Цѣна ихъ небольшая: объемомѣра около 10 руб., а воздушнаго термометра около 8 руб.



фиг. 1.

1) *Объемомѣръ*. Приборъ состоитъ изъ банки *M* (фиг. 1), которая закрывается каучуковою пробкой; въ пробкѣ сдѣланы 2 отверстія: одно изъ нихъ можетъ быть закрыто при помощи стеклянной трубочки, а чрезъ другое выходитъ трубка, соединенная со стекляннымъ шарикомъ *R*. Наверху и внизу шарика на трубкѣ сдѣланы мѣтки *a* и *b*; эта трубка представляетъ одно колѣно ртутнаго манометра и резиновою трубкой присоединена къ другому колѣну манометра—къ стеклянной трубкѣ, укрѣпленной на салазкахъ *L* съ бумажною шкалою. Объ-

[1]) Докладъ на собраніи преподавателей физики въ Физическомъ Институтѣ СПБ. Университета 23 Сентября 1904 г.

емъ шарика K между мѣтками a и b около 15 куб. цент. Манипуляціи съ приборомъ просты. Для опредѣленія емкости банки M и соединительной трубки до черты a (пусть емкость V) снимаемъ трубочку, закрывающую банку M, затѣмъ, передвигая салазки, приводимъ уровень ртути къ чертѣ b и закрываемъ отверстіе въ банкѣ M. Пусть емкость шарика K между мѣтками a и b равенъ v (эта емкость обозначена на шарикѣ). Въ такомъ случаѣ имѣемъ объемъ воздуха $V+v$ при давленіи H, опредѣляемой высотою ртути въ барометрѣ. Поднимаемъ салазки до тѣхъ поръ, пока ртуть не заполнитъ шарикъ и не дойдетъ до черты a. Обозначивъ разность уровней ртути въ манометрѣ чрезъ h, имѣемъ ту же самую массу воздуха, занявшую объемъ V при давленіи $H+h$. По закону Бойля

$$(V+v)H=V(H+h), \tag{1}$$

откуда можно найти V.

Открывъ банку, помѣщаемъ туда тѣло, объемъ котораго x надо опредѣлить, и повторяемъ тѣ же манипуляціи. Чтобы каучуковую пробку возможно было помѣстить на прежнее мѣсто, кругомъ нея проведена черта, которая должна совпадать съ краями банки. Въ такомъ случаѣ по закону Бойля можемъ написать:

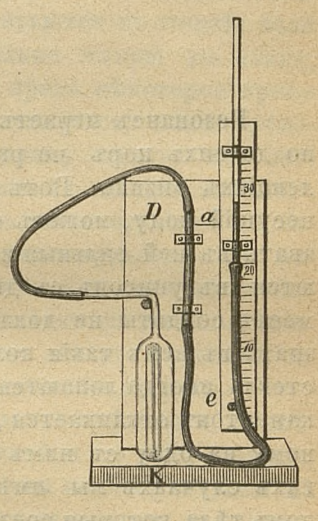
$$(V+v-x)H=(V-x)(H+h_1), \tag{2}$$

гдѣ h_1 разность уровней ртути манометра во второмъ опытѣ, когда ртуть доведена до черты a. Изъ уравненій (1) и (2) легко опредѣлить x. Точность прибора до 6% измѣряемаго объема. Для повѣрки можно произвести опытъ въ обратномъ порядкѣ, т. е. сперва довести ртуть до черты a, а затѣмъ, опуская салазки, привести ея уровень къ чертѣ b.

2) *Воздушный термометръ*. Приборъ (фиг. 2) состоитъ изъ стекляннаго резервуара K (напр. колба въ 250 кб. цм., закрытая каучуковою пробкой съ отверстіемъ, сквозь которое проходитъ стеклянная трубочка), соединеннаго каучуковою трубкой съ ртутнымъ манометромъ. Манометръ же состоитъ изъ двухъ стеклянныхъ трубокъ, соединенныхъ между собою каучуковою; одна изъ стеклянныхъ трубокъ закрѣплена неподвижно на под-

ставкѣ, другая же прикрѣплена къ салазкамъ съ бумажною шкалою и можетъ поэтому быть поднята или опущена. На неподвижной стеклянной трубкѣ D сдѣлана черта a.

Для производства опыта помѣщаютъ сосудъ K въ ледъ и даютъ ему охладиться до 0^o. Затѣмъ ртуть въ манометрѣ приводятъ къ чертѣ a, поднимая или опуская салазки. Пусть въ подвижномъ колѣнѣ ртуть стоитъ на h выше черты a. Въ такомъ случаѣ мы имѣемъ нѣкоторый объемъ воздуха V_0 (объемъ воздуха въ сосудѣ и соединительныхъ трубкахъ до черты a) при 0^o и давленіи $H+h$, гдѣ H — высота ртути въ барометрѣ. Вынувъ сосудъ изо льда, помѣщаютъ его въ горячую воду, температура которой t; воздухъ расширится, и ртуть въ манометрѣ опустится ниже черты a. Поднимая подвижную трубку манометра, можно ртуть привести опять къ чертѣ a. Когда ртуть приведена къ чертѣ a, салазки можно закрѣпить винтомъ e. На приборѣ отсчитываютъ разность высотъ ртути въ колѣнахъ манометра, h_1. Слѣдовательно, та же самая масса воздуха занимаетъ теперь объемъ v_0 при давленіи $H+h_1$ и температурѣ t. По закону Бойля-Гэ-Люссака:



фиг. 2.

$$v_0(H+h) = \frac{v_0(H+h_1)}{1+\alpha t}$$

или

$$H+h = \frac{H+h_1}{1+\alpha t},$$

откуда можно найти α.

Спб. Университетъ, 1904.

Иллюстрація резонанса

Г. Роланда [1]

Резонансъ играетъ важную роль въ цѣломъ рядѣ явленій, но до сихъ поръ не разъясняется съ достаточною ясностью на лекціяхъ физики. Вотъ нѣкоторыя изъ этихъ явленій. Человѣкъ, несущій воду, можетъ такъ соразмѣрить свои шаги, чтобы вызвать въ ней сильныя волны, которыя поднимаются и испускаются въ унисонъ съ движеніями его тѣла; при переходѣ чрезъ мостъ солдаты не должны маршировать, иначе они могутъ вызвать въ немъ такія колебанія, которыя его разорвутъ; оконныя стекла иногда лопаются отъ сильныхъ звуковъ органныхъ трубъ; камертонъ откликается другому звучащему камертону, настроенному на одну съ нимъ высоту. Во всѣхъ этихъ и многихъ другихъ случаяхъ мы имѣемъ два качающихся съ однимъ періодомъ тѣла, которыя соединены между собою или непосредственно или посредствомъ нѣкоторой среды, передающей движеніе отъ одного изъ нихъ къ другому. Эти явленія легко воспроизвести въ аудиторіи.

Наиболѣе удобнымъ колебающимся тѣломъ я нашелъ маятникъ: его легко приготовить, онъ хорошо виденъ издали, время его колебаній легко и быстро регулируется. Приборъ устраивается слѣдующимъ образомъ. Доска длиною въ футъ укрѣпляется горизонтально; къ ней на разстояніи 1 или 2 дюймовъ при помощи бичевокъ подвѣшиваютъ такой же длины толстую проволоку. Къ одному концу доски подвѣшиваютъ маятникъ, состоящій изъ бичевки около 20 дюймовъ длины съ шарикомъ въ 2 или 3 унція вѣса; этотъ маятникъ соединяютъ съ проволокою, перекинувъ чрезъ нее нить, такъ что когда маятникъ качается, то онъ заставляетъ и проволоку качаться взадъ

---

[1]) Illustration of Resonances and Actions of a Similar Nature by *H. A. Rowland* (Physical Papers).

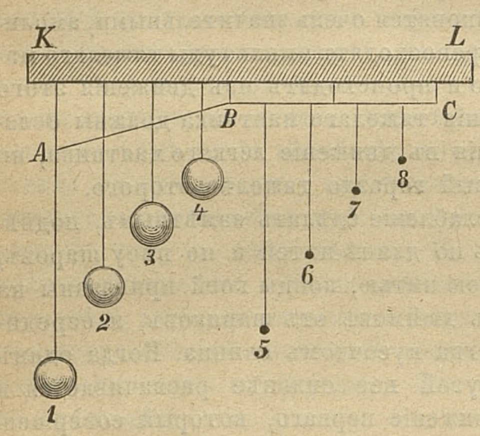
и впередъ въ унисонъ съ нимъ. Наконецъ приготовимъ нѣсколько маятниковъ съ легкими шариками съ крючечками на верхнихъ концахъ нитей, за которые эти маятники можно подвѣшивать къ проволокѣ.

Подвѣсимъ легкіе маятники на горизонтальной проволокѣ и раскачаемъ тяжелый маятникъ: тѣ изъ легкихъ маятниковъ, которые длиннѣе или короче тяжелаго, остаются въ покоѣ; если же одинъ изъ нихъ имѣетъ приблизительно такую же длину, то онъ приходитъ въ замѣтныя качанія; чрезъ нѣкоторое время онъ успокаивается, затѣмъ опять раскачивается, опять успокаивается и т. д.; если посчастливится длину одного изъ легкихъ маятниковъ сдѣлать совершенно равною длинѣ тяжелаго маятника, то качанія его становятся очень значительными, амплитуды коихъ во много разъ превосходятъ амплитуды тяжелаго маятника, хотя движенія перваго и происходятъ изъ движенія этого послѣдняго. Конечно, движенія тяжелаго маятника должны ослабляться вслѣдствіе приведенія въ движеніе легкаго маятника, но это мало замѣтно, если первый гораздо тяжелѣе второго.

Для того, чтобы это ослабленіе сдѣлать замѣтнымъ, подвѣсимъ два маятника, одинакихъ по длинѣ нитей и по вѣсу шаровъ, и соединимъ ихъ между собою нитью, концы коей привязаны на разстояніи одного или двухъ дюймовъ отъ шариковъ, и середину этой нити нагрузимъ слегка кусочкомъ свинца. Когда одинъ маятникъ успокаивается, другой все сильнѣе раскачивается и наконецъ поглощаетъ все движеніе перваго, который совершенно останавливается; затѣмъ второй маятникъ раскачиваетъ первый и передаетъ ему свое движеніе и т. д. Этотъ опытъ отличается отъ резонанса тѣмъ, что въ случаѣ маятника движеніе одного вполнѣ передается другому, между тѣмъ при резонансѣ окружающій воздухъ непрерывно отдаетъ свое движеніе атмосферѣ въ видѣ звуковыхъ волнъ. Для имитаціи этого, ко второму маятнику надо прикрѣпить большой кусокъ бумаги, такъ чтобы онъ встрѣчалъ сопротивленіе и тогда оба маятника останавливаются скорѣе, чѣмъ при другихъ условіяхъ. Если шаръ одного изъ маятниковъ лишь въ 2 или 3 раза тяжелѣе, чѣмъ шаръ другого, то тоже наблюдается періодическій обмѣнъ движеніями; но амплитуды колебаній тяжелаго шара замѣтно уменьшаются, когда раскачивается болѣе легкій шаръ.

Для иллюстрированія употребленія гельмгольцевскихъ резонаторовъ или кёниговскаго прибора для анализа звуковъ, пре-

дыдущій аппаратъ надо нѣсколько измѣнить и увеличить. Возьмемъ доску въ 6 или 8 футовъ длиною; на одной ея половинѣ подвѣсимъ 4 или 5 тяжелыхъ маятниковъ, а на другой половинѣ такое же число легкихъ маятниковъ, изъ которыхъ каждый соотвѣтствовалъ бы періоду колебаній одного изъ тяжелыхъ. Если одинъ изъ тяжелыхъ маятниковъ напримѣръ № 3 заставимъ качаться, то всѣ легкіе маятники за исключеніемъ № 7 остаются въ покоѣ. Если №№ 1, 2 и 4 одновременно приведены въ качанія, проволока *ABC* (фиг. 1) качается туда и сюда, вслѣдствіе различныхъ толчковъ, не представляющихъ повидимому никакой правильности, но изъ этого сложнаго движенія каждый изъ маятниковъ 5, 6 и 8 выбираетъ соотвѣтствующее ему колебаніе и качается въ унисонъ, тогда какъ № 7 остается въ покоѣ. Короткій маятникъ скорѣе обнаруживаетъ явленіе, чѣмъ длинный; этотъ недостатокъ прибора можно отчасти исправить, если проволоку *ABC* подвязать такъ, какъ показано на чертежѣ. Маятники не должны быть длиннѣе 20 дюймовъ, если хотятъ, чтобы они быстро откликались. Хотя, повидимому, нѣтъ предѣла для числа маятниковъ нашего прибора или для разстоянія, на которое можетъ передаваться дѣйствіе, однако опытъ лучше удается, когда число маятниковъ не велико, и когда они подвѣшены близко одинъ къ другому. Маятники лучше подвѣшивать къ туго натянутой проволокѣ, чѣмъ къ доскѣ. Для того, чтобы шары были видны издали, слѣдуетъ ихъ дѣлать стальными съ полированной поверхностью и освѣщать электрической лампою.



фиг. 1.

Электрическая аналогія съ діамагнитизмомъ

Л. Пучіанти [1])

Извѣстно, что магнитная индукція совершенно аналогична съ электростатическою индукціею въ діэлектрикѣ. Извѣстны также опыты, доказывающіе, что: 1) магнитъ притягиваетъ тѣло, сильнѣе намагничивающееся, чѣмъ окружающая среда; 2) магнитъ отталкиваетъ отъ себя тѣло, намагничивающееся слабѣе, чѣмъ окружающая среда; 3) наэлектризованное тѣло притягиваетъ къ себѣ тѣло съ діэлектрическою постоянною большею, чѣмъ діэлектрическая постоянная среды.

На послѣдній опытъ слѣдовало бы обращать больше вниманія, чѣмъ это обыкновенно дѣлаютъ, ибо въ немъ заключается электрическая аналогія съ дѣйствіемъ магнита на парамагнитное тѣло. Опытъ не представляетъ затрудненій; только не слѣдуетъ забывать, что его надо производить въ хорошемъ изоляторѣ.

Но для пополненія аналогіи слѣдуетъ сдѣлать четвертый опытъ, который бы показалъ, что тѣло съ меньшею діэлектрическою постоянною, чѣмъ діэлектрическая постоянная среды, представляетъ свойства діамагнитнаго тѣла въ магнитномъ полѣ.

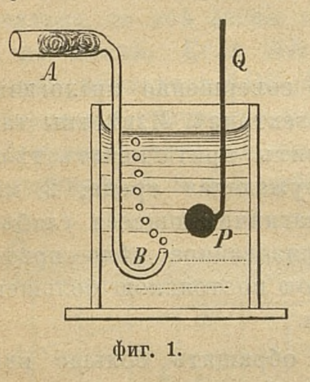
По предложенію проф. Роити я произвелъ этотъ опытъ; я старался сдѣлать его по возможности просто, такъ какъ онъ прежде всего имѣетъ дидактическое значеніе и долженъ, по моему, показываться на элементарныхъ лекціяхъ. Опытъ не совсѣмъ легко удается, если бы мы захотѣли показать его на взаимодѣйствіяхъ твердыхъ тѣлъ, погруженныхъ въ жидкости, ибо тутъ встрѣчаются осложненія, обусловливаемыя переносомъ и проводимостью; напротивъ, дѣло очень просто, если мы обра-

---

1) Elektrisches Analogon zum Diamagnetismus. Von L. Pucciànti. Phys. Zs. Bd. V (1904).

тимся къ пузырькамъ воздуха, образуемымъ въ вазелиновомъ маслѣ, одной изъ лучшихъ изолирующихъ жидкостей.

Лейбольдовскій сосудъ, склеенный изъ стеколъ и имѣющій форму параллелипипеда (высота 5 cm., ширина 3 cm., толщина 1 cm.) наполняется вазелиновымъ масломъ, въ которое опускается металлическій шарикъ P (фиг. 1), прикрѣпленный къ изолированной проволокѣ Q, и стеклянная трубочка AB съ загнутымъ кверху капиллярнымъ концомъ, изъ котораго выходятъ пузырьки воздуха; верхняя болѣе широкая часть этой трубки плотно набита ватою для того, чтобы выдѣляющіеся пузырьки были меньше и чтобы самое выдѣленіе ихъ было правильно. Въ эту трубку воздухъ вталкивается насосомъ или же выпускается изъ резервуара, въ которомъ онъ предварительно сжатъ. Во всякомъ случаѣ струя этихъ пузырьковъ должна быть урегулирована для того, чтобы пузырьки быстро слѣдовали одинъ за другимъ въ видѣ непрерывной цѣпи. Эти пузырьки поднимаются въ маслѣ по прямой, пока шарикъ P не заряженъ; если этотъ шарикъ зарядить до (положительнаго или отрицательнаго) потенціала, соотвѣтствующаго искрѣ длиною въ 2 или 3 cm., то путь пузырьковъ искривляется, удаляясь отъ шарика, какъ это показано на нашемъ чертежѣ; путь ихъ вновь становится вертикальнымъ, какъ скоро шарикъ разрядится.



Фиг. 1.

Опытъ можно демонстрировать большой аудиторіи, проектируя сосудъ; опытъ особенно эфектенъ, если пузырьки настолько быстро слѣдуютъ другъ за другомъ, что производятъ впечатлѣніе непрерывной нити.